cen a analizar la personalidad científica de este naturalista desde el punto de vista de dicha metodología.

Ya en otras oportunidades (1950, 1952 y 1954) hemos señalado este aspecto de la personalidad de Ameghino, lo que nos ha conducido a calificarlo como el *primer biólogo matemático argentino,* del mismo modo que estimamos a Angel Gallardo como el *primer biofísico argentino* (Valentinuzzi, 1952).

El objeto esencial de este análisis es, por una parte, poner de manifiesto la *amplitud,* la *intensidad* y la *precisión* con que Ameghino concibió la *aplicación de la matemática a la biología* y, por otra parte, esbozar rápidamente los lineamientos según los cuales ha llegado a configurarse hoy la *biología matemática. Nuestra tesis es que, si bien Florentino Ameghino no presenta ningún vínculo de continuidad con los modernos estudios biológico-matemáticos, ha de conceptuársele como precursor de los mismos en Argentina, con el fin de delimitar la situación de este hombre de ciencia en nuestra evolución cultural y marcar rumbos para su futuro desenvolvimiento.*

§ 2. LOS CONCEPTOS BIOMATEMATICOS CONTENIDOS EN *FILOGENIA*

Tomamos por base para nuestro análisis la obra de Florentino Ameghino titulada *Filogenia,* cuya primera edición se hizo en 1884. Nosotros utilizamos la edición de *La Cultura Argentina,* realizada en 1915.

El objetivo de *Filogenia* es dar los fundamentos para la clasificación natural de los seres vivos. Ameghino trata de lograr ese objetivo mediante una teoría, la *teoría de la evolución,* a la que atribuye valor de « ciencia exacta », denominada restringidamente *transformismo o darwinismo,* aplicando en el desarrollo del trabajo un *espíritu lógico* y, a vèces, un *espíritu lógico-matemático.* Aunque en algunos pasajes de la obra demuestre poseer el autor una clara idea de lo que es, substancialmente, la *técnica matemá-*

Para delinear la manera en que se puede llegar a una *matema-*nio elemental por razones que luego expondremos.

Para delinear la manera a que se puede llegar a una *matematización de la zoología,* Ameghino toma como modelo la *astronomía matemática,* a la cual se refiere más de una vez (*Prólogo,* 9; *Introducción,* 56; Capítulo X, 320; 321); pero el propósito per-

seguido en *Filogenia* es exclusivamente taxonómico genealógico dentro de la zoología (*Prólogo,* 9; 10; 11), como acabamos de anunciar.

Reuniremos los conceptos biomatemáticos contenidos en *Filogenia* en tres grupos, a saber: *a) Conceptos generales de fundamentación del método matemático en biología; b) Conceptos relacionados con el objetivo del método matemático;* y *c) Conceptos relacionados con la técnica matemática.*

a) Conceptos generales de fundamentación del método matemático en biología. En el Prólogo (pág. 10) de *Filogenia* dice Ameghino: «Todo resultado reconoce una causa, tiene sus factores. Si reconocemos el resultado y uno o más factores, ¿cómo no poder descubrir los demás? *En aritmética, conociendo el resultado, se determinan los factores* (*V*)(*). En zoología conocemos el resultado, que es el admirable conjunto de los seres actuales, y conocemos un sin fin de factores, que son los extinguidos. Con ayuda de unos y otros ¿cómo no hemos de poder arribar a un resultado satisfactorio? El estudio matemático comparado de la organización de los seres actuales debe darnos por sí solo el conocimiento de los factores que los precedieron; y el descubrimiento de éstos en el seno de la tierra sólo servirá de contraprueba a la prueba. La determinación de estos factores nos dará el camino recorrido para llegar al resultado que conocemos, permitiéndonos reconstruir la genealogía de los seres. Por otra parte, si para restaurar la genealogía podemos recurrir al empleo de los números de modo que quede definitivamente excluído el sentimiento, que el naturalista no sea ya más que una máquina de substracciones y adiciones, tenemos todas las probabilidades de llegar a un resultado satisfactorio ... encontrar la verdadera clasificación natural».

En el Capítulo X (pág. 320; 321) escribe: «Si la astronomía puede dividirse en dos partes distintas, una matemática y otra puramente de observación y descriptiva, puede hacerse otro tanto con la zoología, pero en ésta sólo la parte descriptiva ha sido hasta ahora objeto del estudio de los naturalistas. La zoología matemática ha sido apenas entrevista por algunos genios excepcionales, que no llegaron a concebir ni formular sus leyes».

«La astronomía descriptiva se concreta exclusivamente a descri-

(*) Los subrayados nuestros llevan una (V).

bir, sin ayuda del cálculo, las diferentes fases bajos las cuales se nos presentan los cuerpos celestes y las diferentes variaciones y particularidades que, con ayuda de poderosos instrumentos de óptica, observan en ellos los astrónomos. Del mismo modo, la zoología descriptiva, mucho más avanzada que la parte correspondiente de la astronomía, nos da la descripción interior y exterior de los diferentes animales y las afinidades aparentes que presentan entre sí, sin remontar más allá, pues, desde el momento en que el zoólogo quiera estudiar las relaciones verdaderas y fundamentales, tanto morfológicas como genealógicas que tienen entre sí los diferentes seres en el pasado, entra en el campo de la zoología matemática, infinitamente menos avanzada que las astronomía matemática, pero *que debe ser tratada por los mismos principios, sujetando sus resultados a la prueba y a la contraprueba que comporta toda operación numérica* (V)» (*Filogenia*, X, 321).

b) *Conceptos relacionados con el objetivo del método matemático.* Como ya lo hemos señalado, estima que la *teoría de la evolución* (*darwinismo, transformismo*) acusa los caracteres de *ciencia exacta* (*Prólogo*, 11; *Introducción*, 53; 56; 64; 68). ¿Qué pretende alcanzar con esa «ciencia exacta» dentro de la zoología o, generalizando, qué podemos esperar del método matemático aplicado en el campo de las ciencias biológicas? Ameghino lo prefija claramente: «...puesto que los hechos y los fenómenos de que ambos» (*la astronomía y la teoría de Darwin*) «tratan pueden reducirse a fórmulas y leyes, y éstas tienen un grado tal de exactitud», «en ambos campos pueden *predecir hallazgos y descubrimientos desde el bufete* (V), valiéndose únicamente de los números (*Introducción*, 56).

c) *Conceptos relacionados con la técnica matemática.* Bautizar las cosas con un nombre es dar el primer paso en el camino del conocimiento. Esto lo sabe bien Ameghino. Estaría de más que recordásemos la importancia constructiva de las *notaciones* y las *nomenclaturas* [por ejemplo, los trabajos de Viète (1510-1603) y de Descartes (1596-1650) para la matemática; y los de Lavoisier (1743-1794) y Berzelius (1779-1848) para la química]. «Lo que yo necesito, dice, es distinguir esas formas con un nombre para no confundirlas con otras, poder jalonarlas y pasar así sucesivamente de unas a otras» (*Introducción*, 61).

Dijimos ya que Ameghino busca las bases con qué elaborar una clasificación real de los seres vivos. Para lograrla, no cayendo en los defectos de las precedentes, se ha de disponer de « medios seguros, exactos y constantes » (*Introducción,* 113). Estos *medios* sólo pueden ser brindados por el *cálculo matemático.* Ameghino expresa la esperanza de que, en el transformismo, « todo se resolverá un día por ecuaciones, multiplicaciones y divisiones » (*Introducción,* 64). «...si el transformismo es una verdad, podemos ir más allá todavía. Podemos no sólo reconstruir los tipos primitivos de donde derivaron las formas actualmente existentes, sino también, *por medio de simples cálculos* (V), predecir el descubrimiento de nuevas formas » (*Introducción,* 68).

« Es indudable que una ciencia que abrigue pretensiones a ser considerada como exacta en sus procedimientos y resultados, sólo podrá justificar su derecho a ser considerada como tal, substituyendo la parte puramente descriptiva e ilustrada con fórmulas que permitan *abreviar* (V) las descripciones, pasarse hasta cierto punto de las ilustraciones y facilitar los estudios de relación o la parte matemática de la ciencia en cuestión, *formulando proporciones numéricas fijas que se presten a las diferentes combinaciones de que son susceptibles, según el objetivo del calculador* (V)» (X, 321).

« Desde el tiempo de Cuvier se emplearon para el estudio algunos procedimientos que pertenecen a la *zoología matemática* (V), pero, como habían sido imaginados con el objeto de abreviar ciertas descripciones, se les atribuyó una importancia muy mediocre, no alcanzando a comprender el papel preponderante que podrían llegar a desempeñar en la clasificación una vez perfeccionados y aplicados a determinar en número la cantidad (el grado como se dice hasta ahora) de afinidad de los distintos seres » (X, 322).

Surge, pues, de modo absolutamente claro que Ameghino persigue la aplicación de métodos operacionales, lógicos o matemáticos, a la elucidación de los problemas filogenéticos. Se propone discriminar correctamente los entes con que va a proceder, bautizándolos, y, recurra o no a la notación matemática, trabaja sobre el concepto de *ecuación.* « Si el transformismo, como todo lo indica, es una realidad, la restauración de los tipos intermediarios se reduce a un problema bien simple: encontrar por medio de dos números conocidos uno desconocido y su forma será determinada

por el valor de los diferentes caracteres anatómicos en cada uno de los extremos». *Hace ya algunos años que me preocupa este sistema de la aplicación de los números a la determinación de las formas intermediarias que nos son desconocidas* (V) (*Introducción*, 69).

§ 3. LOS RECURSOS MATEMATICOS CONTENIDOS EN *FILOGENIA*

En la obra que nos sirve de fundamento para este estudio aparece puesta en juego una técnica matemática, destinada a llevar a la práctica los conceptos directores analizados en el párrafo precedente, que puede ser desglosada en la siguiente forma: *a*) *Análisis geométrico del cráneo; b*) *Expresión aritmética de la dentadura; c*) *Expresión aritmética y simbólica de la conformación de la extremidad de los miembros locomotores;* y *d*) *Procedimiento de la seriación*. Ameghino deja constancia de que, asimismo, «podrían reducirse a fórmulas fijas las distintas construcciones del carpo, del tarso y aun del cráneo y hasta de la misma columna vertebral en los distintos mamíferos» (X, 345).

a) *Análisis geométrico del cráneo*. «Cuando los huesos que forman la cavidad craneana, dice Ameghino, están atrasados en su proceso de osificación y el desarrollo del cerebro adquiere sobre ellos una ventaja, éste modifica por completo la forma del cráneo. El cerebro, en su desarrollo, como cuerpo blando, hace presión igual en todos sentidos, dando al cráneo *una forma tanto más globular* (V) cuanto mayor es el desarrollo del cerebro, que tiende a conservar la forma esférica, que es la que le permite hacer presión con ventaja en todo sentido y *ocupar el mayor volumen en el menor espacio posible* (V)» (VII, 239). En este pasaje asoma de modo evidente una cuestión de Cálculo de Variaciones que Ameghino, sea porque la leyera en otro lugar, sea porque la concibiere intuitivamente, postula ignorando esa rama de la matemática. Y continúa: «De modo que la forma del cráneo puede darnos datos más positivos sobre el desarrollo del cerebro, que el peso de éste, que estando en relación con el desarrollo corporal, no nos da por sí solo los elementos de una progresión constante, cuyos puntos sean siempre comparables. *Así cuanto más globular sea un cráneo, más avanzado en su evolución se encuentra el cerebro que contiene* (V)» (VII, 239).

Como elementos geométricos para caracterizar el cráneo usa los *puntos de reparo* (*bregma natural, bregma matemático, lambda,* etc.), *líneas* (*línea bregmático-mesocraneana,* por ejemplo), tomados de la antropología clásica o sugeridos por ella (VII, 240; 241; 242). (Topinard, 1885; Boncour, 1912; Avila, 1940). Ameghino considera que, de estos elementos craneométricos, emergen datos ilustrativos del grado de evolución orgánica y psicológica (VII, 243).

En otro párrafo examinaremos este asunto desde un punto de vista más general y moderno (§ 6, c).

b) *Expresión aritmética de la dentadura.* En el inciso *c*) del § 2 hemos transcripto un pasaje en que Ameghino alude a ciertos procedimientos de la zoología matemática empleados desde la época de Cuvier. « El principal de esos procedimientos a que hacemos referencia, añade, es la fórmula dentaria, con la que los zoólogos expresan con unos cuantos números y letras el número de dientes de cada mamífero y la distribución de éstos en caninos, incisivos, carniceros, molares, etc. ». « Estas fórmulas, por lo mismo que no han tenido una aplicación fundamental, quedaron estacionarias hasta ahora, sin ser perfeccionadas y sin adquirir el desenvolvimiento de que son susceptibles, con el cual van a desempeñar en nuestro trabajo un papel importantísimo » (X, 323).

En otro lugar (§ 7) vamos a retomar este asunto; entonces entraremos en el estudio algo más detallado de este recurso matemático utilizado extensamente por Ameghino; para su mejor conocimiento remitimos al texto original. Recordamos ahora sólo que la fórmula dentaria consta, en esencia, de tres símbolos que son, respectivamente, las letras iniciales de los nombres de los dientes (incisivos, caninos y molares), acompañados por un coeficiente aparentemente fraccionario (pues no tiene el sentido de división indicada) cuyo denominador expresa el número de piezas dentarias de la correspondiente clase en el maxilar superior y cuyo denominador traduce el número de piezas dentarias de la correspondiente clase en el maxilar inferior (*Filogenia,* X, 322; 323; etc.; Regny, 1924; Moret, 1948). Sobre esta estructura básica de la fórmula aplica Ameghino diversas variantes simbólicas para referirse a otros caracteres de la dentadura: primera y segunda dentición, tipos de molares, lobulación, radiculación, etc.

A pesar de que se tendría así el comienzo de una técnica de análisis matemático para un sistema anatómico tan importante desde el punto de vista morfológico, fisiológico, taxonómico y paleontológico, que podría adquirir valor heurístico, Ameghino no le confiere a esta simbología nada más que un valor descriptivo (X, 32; 331) y no la hace trascender del dominio elemental, si bien en el planteamiento de la justificación y los propósitos de la metodología matemática aplicada a los *problemas biológicos* (*problemas zoológicos* en concepto ameghiniano restringido), que hemos expuesto en el § 2, *a*, *b*), aspira a resultados de mayor trascendencia (« *predecir hallazgos y descubrimientos desde el bufete* (V)»). Creemos que a Ameghino no le fué dado alcanzar un mecanismo operacional efectivamente constructivo porque carecía del *concepto de función matemática*. Cabe afirmar, a nuestro juicio, que si hubiese podido disponer de relaciones funcionales en que interviniese el *número* y la *distribución de los dientes*, los frutos de sus elucubraciones hubieran concordado más con sus propios ideales de promotor de la biología matemática. Indudablemente estuvo, empero, cerca del filón de las previsiones matemáticas; para demostrarlo, valga este pasaje: En el estudio de la reconstrucción de las formas intermedias, se comprenderá « la utilidad de las fórmulas, tanto para la zoología puramente descriptiva como para la zoología trascedental y matemática » (X, 362). Algunos ejemplos del Capítulo XI de *Filogenia* corroboran nuestra afirmación (XI, *Hipparion*, 363; *Oveja*, 363; *Scalops*, 364; *Smilodon*, 370; *Conepatus*, 370).

c) *Expresión aritmética y simbólica de la conformación de la extremidad de los miembros locomotores.* Para la estructura morfoanatómica de la extremidad de los miembros locomotores (manos y pies) Ameghino emplea *fórmulas aritméticas y símbolos descriptivos*. « Cuando se encuentra, dice Ameghino, un animal nuevo cuyos miembros presentan en sus extremidades notables diferencias de conformación con los ya conocidos, para explicar estas diferencias hay que dar ilustraciones y llenar páginas enteras de descripciones, mientras que todas esas conformaciones y diferencias son susceptibles de expresarse por medio de fórmulas tan sencillas como las que se ha visto expresan o simbolizan la conformación del aparato dentario » (X, 332; 333).

« Esta fórmula digital, en su expresión más simple, consiste en representar por medio de números los dedos de los miembros anteriores y posteriores, indicando con un número que se coloca arriba los dedos de la mano o del miembro anterior y por otro número que se coloca debajo del primero, del que se encuentra separado por una línea horizontal, los dedos del pie o del miembro posterior » (X, 333). De los dedos, esta fórmula expresa « también cuáles son los existentes, cuáles de ellos son más o menos desarrollados y cuáles los que faltan. Para obtener tal resultado hay que convenir en representar siempre los dedos de los miembros de un mismo costado, sea el derecho o el izquierdo » (X, 333; 334). Sobre esta base viene luego el afinamiento de los detalles, para los cuales remitimos al original: grado de desarrollo, ausencia de dedos, dedos rudimentarios, subsistencia de metacarpianos o metatarsianos solamente, etc.

Estas fórmulas, sin embargo, « sólo nos dan una idea del número de dedos existentes o ausentes, pero sin indicarnos la construcción anatómica del esqueleto interno de las extremidades de los miembros, que presenta combinaciones y diferencias no menos notables, que también puede indicarse en una segunda fórmula que complemente las primera, mostrando el número de metacarpianos y metatarsianos, cuáles y cuántos de éstos están libres o soldados, atrofiados, etc., y el número de falanges de cada dedo » (X, 337; 338). « Esta segunda fórmula se construirá trazando perpendicularmente encima de una barra horizontal para los miembros anteriores, verticalmente debajo de la misma barra para los posteriores, tantas líneas como metacarpianos o metatarsianos tiene el miembro cuya fórmula se quiere dar y luego se colocará en la extremidad de cada línea un número de puntos equivalentes al número de falanges que sostiene cada metacarpiano o metatarsiano » (X, 338). No entraremos en otros detalles (existencia de uñas y pezuñas, soldadura de huesos, etc.).

En cuanto al valor que tienen estas fórmulas digitales en *Filogenia*, podemos decir lo mismo que ya apuntamos respecto a las fórmulas dentarias (*valor descriptivo y comparativo*) (X, 345). En el § 7 retomamos más detalladamente esta cuestión.

d) *Procedimiento de la seriación.* La lógica deductiva e inductiva de Ameghino entra en pleno juego en la elaboración y la apli-

cación del método que él llama *procedimiento de la seriación*. Los Capítulos XII, XIII y XIV de *Filogenia* están dedicados a este asunto. «Este procedimiento, dice, para la restauración del antecesor de un género, de una familia o de cualquier otro grupo zoológico, es bien simple. Todo el secreto está en determinar la forma primitiva de cada órgano para determinar su dirección evolutiva y luego tomar en cada animal del grupo cuyo antepasado se quiere reconstruir, lo más primitivo que tiene; o en otras palabras: todo órgano que se acerca más a la forma primitiva, es anterior en su forma al mismo órgano más modificado en otro animal; y esta suma mayor de evolución ha partido en un momento dado de la misma forma primitiva del mismo órgano en los otros representantes de la misma familia» (XIII, 415).

El dominio práctico del procedimiento de la seriación exige un sólido, amplio y profundo conocimiento de la anatomía comparada. A primera vista impresiona como un recurso que sólo ordena lo que brinda la observación, no siendo, por lo tanto, de poder heurístico, pero, a medida que se lo estudia y se medita sobre la esencia del mismo, se va captando su riqueza deductiva e inductiva, que refleja la calidad matemática del autor. Sin olvidar la distancia que media entre uno y otro caso no se puede hacer de menos que recordar aquí, a título comparativo, el espíritu que alentó a Mendeleieff en la estructuración de la clasificación periódica de los elementos químicos.

§ 4. LOS PRINCIPIOS BIOMORFOGENETICOS CONTENIDOS EN *FILOGENIA*

Estimamos que, en el Capítulo XI de *Filogenia*, su autor enuncia, tácita o explícitamente, una serie de principios biológicos que, si bien sólo tienen, dentro del sentido de la obra, un significado puramente morfoestructural, encierran nociones vinculadas a la mecánica del desarrollo y son, por consiguiente, biofísicamente interpretables. El análisis biofísico conduce, *a fortiori*, a formulaciones matemáticas.

La evolución orgánica acusa transformaciones por modificaciones estructurales y morfológicas referibles, según Ameghino, a los siguientes principios:

a) *Principio de la modificación por disminución de tamaño.*
b) *Principio de la modificación por aumentación de tamaño.*
c) *Principio de la modificación por simplificación.*
d) *Principio de la modificación por complicación.*
e) *Principio de la modificación por osificación.*
f) *Principio de la modificación por soldadura.*

Estos enunciados expresan conocimientos substancialmente empíricos, exactamente como los que encontramos en la física (*los principios de la termodinámica,* por ejemplo), es decir, emergen exclusivamente de la observación de los hechos naturales de la anatomía; y se admite que tienen un valor universal en la bioesfera, por lo cual se los caracteriza como *principios.* La investigación teórica y experimental puede suponer o encontrar mecanismos íntimos que den la razón de ser de tales principios.

Los principios que acabamos de citar no son todos independientes entre sí. Por ejemplo, el *principio de soldadura* está ligado al *principio de simplificación* y al *principio de osificación.* Además ellos se cumplen simultánea o sucesivamente en los seres vivos.

Vamos a enunciar y a ejemplificar estos principios biomorfogenéticos:

a) *Principio de disminución de tamaño. El cuerpo de los seres vivos, así como sus partes anatómicas, evolucionan por achicamiento.* Ejemplos: disminución del tamaño del individuo, atrofia de los huesos de la cola (coccix) en algunos vertebrados, dientes rudimentarios (XI, 349; 350).

b) *Principio de aumentación de tamaño. El cuerpo de los seres vivos, así como sus partes anatómicas, evolucionan por agrandamiento.* Ejemplos: aumento del tamaño de grandes vertebrados actuales y fósiles, aumento del tamaño del cerebro, aparición de trompa (XI, 349; 350).

En el capítulo IV, p. 153 y 156, también aparecen citados estos dos principios.

c) *Principio de simplificación. Los seres vivos evolucionan por la aparición de configuraciones que uniforman partes anatómicas que son estructructural, morfológica y funcionalmente diferenciadas.* Ejemplos: unión de los huesos del cráneo, disminución del número de mamas, disminución de dientes, disminución del núme-

ro de dedos, aplanamiento de las vértebras (XI, 351; 353; 357; 361; 363; 366; 367; 369).

d) Principio de complicación. Los seres vivos evolucionan por la aparición de configuraciones estructurales, morfológicas y funcionales numerosas y diversificadas. Ejemplos: tendencia a la viviparidad, diferenciación de las partes del sistema nervioso, ramificación de los cuernos (XI, 352; 368; 372; 373).

e) Principio de osificación. Ciertas partes anatómicas de los seres vivos evolucionan por osificación. Ameghino formula este principio del siguiente modo: « El tipo de vertebrado se manifestó por primera vez en épocas antiquísimas con sus partes óseas actuales confundidas y cartilaginosas, luego empezaron a segmentarse y han ido desde entonces osificándose gradualmente sin que esta tendencia a la osificación haya alcanzado su último límite » (VII, 251). Ejemplos: osificación del esqueleto de los peces, osificación de tendones, osificación del tegumento (XI, 351; 365).

f) Principio de soldadura. Ciertas partes anatómicas de los seres vivos evolucionan fusionándose entre sí. Ejemplos: anquilosis de las vértebras en los gliptodontes, unión del cúbito con el radio, unión de la tibia con el peroné, unión de los metacarpianos y los metatarsianos en los pájaros, soldadura de gérmenes dentarios (XI, 356; 357; 358; 361; 368; 373).

Ameghino admite un *principio de irreversibilidad biológica,* que podríamos formular así: *cualquier modificación evolutiva no retrograda.* Tal es el contenido de los siguientes enunciados: « Toda especie o forma perdida no puede volver a reaparecer » (II, 121). « *Todo órgano cartilaginoso que en su evolución progresiva llega a osificarse no vuelve jamás a su estado primitivo, como no sea para desaparecer* » (VII, 251). « *Dos o más huesos que en el curso de su evolución se atrofian y unen íntimamente entre sí, no vuelven a adquirir individualidad propia como carácter normal, pero pueden en algunos individuos aparecer aislados transitoriamente como casos de atavismo confirmativos de esta ley* ». « *Todo órgano que, por una atrofia continuada, desaparece por completo, no vuelve a reaparecer sino como anomalía transitoria y atávica* (VII, 259).

También admite Ameghino un *principio de no repetición.* En efecto, en el Capítulo II, p. 120 y 121, dice: «...las diferentes

especies, según nos lo demuestran la paleontología y las leyes de la evolución divergente, sólo aparecen una vez en la eternidad de los tiempos»; «ninguna de las especies o formas actuales pueden transformarse en otra forma o especie existente por más que ambas se parezcan».

Los dos últimos principios referidos son más generales que los precedentes.

En la aparición y la desaparición de las caracteres se producen desplazamientos cronológicos que Ameghino involucra en formulaciones que podríamos clasificar también como principios: *desaparición por reincorporación y desaparición por eliminación* (XII, 379).

§ 5. LA FORMACION MATEMATICA DE AMEGHINO

Miguel Faraday (1791-1867) (Crowther, 1945, *a*) dió al mundo científico descubrimientos e ideas trascendentales: obtención de corrientes eléctricas mediante campos magnéticos, influencia del campo magnético sobre la luz, ideas sobre la naturaleza de la luz, hipótesis sobre la naturaleza de las relaciones entre la electricidad y la gravitación, leyes de la electrolisis, etc., La repercusión de esas ideas, hipótesis y descubrimientos de Faraday en el dominio fisicomatemático es inmensa: Faraday es el principal precursor de la Teoría de la Relatividad; de Faraday se llega a Einstein pasando por Maxwell, quien expresó matemáticamente las ideas teóricas de Faraday. Sin embargo, la preparación matemática de Miguel Faraday era elemental. Dice Crowther que es impresionante la obra realizada por este genio científico con la experimentación, la imaginación y la regla de tres; la importancia de la técnica matemática puede, muchas veces, resultar secundaria, siendo, en cambio, substancial la corrección de las concepciones y de las interpretaciones de los hechos originales, surgidas de la imaginación.

James Prescott Joule (1818-1889) (Crowther, 1945, *b*) descubrió numerosos hechos referentes a los imanes y al electromagnetismo, introdujo en la física métodos para determinar valores absolutos, halló la ley que permite calcular el calor producido por la corriente eléctrica, estudió la equivalencia entre trabajo y calor, la relación entre electricidad y afinidad química y concibió la teoría dinámica del calor. «La obra teórica y experimental de Joule su-

ministró los datos necesarios para el desarrollo matemático de la teoría del calor, y esto fué realizado por Clausius, Thomson y Rankine. Este campo le quedó vedado a Joule por no ser un matemático» (Crowther, 1945, *b*).

¿Cabe, pues, la existencia de una mente matemática sin preparación matemática? Los ejemplos de Faraday y Joule, así como otros que se podría citar, contestan afirmativamente nuestra pregunta. La mente matemática, como el alma de poeta y el alma de músico, se poseen innatamente, y la formación técnica, literaria o musical, la despierta y la desenvuelve. Quizás haya mayor número de matemáticos, poetas y músicos entre individuos incultivados que entre aquéllos que han podido adquirir los recursos expresivos de la evolución cultural.

No debemos confundir la *matemática* con las *aplicaciones de la matemática*. El *pensamiento matemático puro es pensamiento postulacional*, esto es, consiste en un *articulado formal* sin contenido preestablecido, que persigue el análisis de las posibilidades lógicas; cuando a ese articulado formal se le da un contenido (propiedades y relaciones de números, configuraciones espaciales, variables reales y complejas, grupos, datos estadísticos, velocidades, aceleraciones, fuerzas, energías, campos, transformaciones, crecimiento, tamaños, magnitudes económicas, magnitudes psicológicas, etc., etc.) queda convertido en *pensamiento matemático aplicado* (Keyser, 1947).

A nuestro juicio, Florentino Ameghino es un caso de *mente matemática incultivada*; no lo consideramos un precursor dentro de la biología matemática en virtud de haber empleado en su discurso algunas notaciones matemáticas, sino en cuanto hay en el desarrollo de sus ideas concatenaciones postulacionales. Una amplia capacidad de observación, una labor rigurosamente disciplinada, una cerebración lógica, inductiva y deductiva, y una fecunda imaginación científica integran su personalidad psicológica. Tal personalidad dió todo lo que pudo dar en nuestro medio social y en su época. «Su capacidad de trabajo sólo fué igualada por su riqueza imaginativa: condición simultánea de sus mejores videncias y de sus posibles errores. Sin ella habría sido un óptimo coleccionista; nunca un sabio genial. Esa imaginación poderosa le permitió suplir las originarias deficiencias de su cultura en tan diversas especia-

lidades y volar de hipótesis en hipótesis, sin detenerse mucho en rectificaciones de detalle que le habrían esterilizado: tantos fueron los hechos nuevos sometidos a su examen que no habrían bastado para ello los pocos años de una vida humana» (Ingenieros, 1951).

La preparación intelectual oficialmente adquirida por Ameghino se reduce a la que le brindara, por una parte, la Escuela Municipal de Mercedes entre 1862 y 1867 y, por otra parte, la Escuela Normal de Preceptores de Buenos Aires, de 1868 a 1869 (Ingenieros, 1951; Miranda, 1954). Esta última le otorgó un título mínimo, el de *subpreceptor,* cuando tenía quince años de edad; el de *doctor honoris causa,* de la Universidad de Córdoba, a los treinta y uno, vino como consecuencia de su singular tarea autodidáctica (Babini, 1953). «El esfuerzo autodidáctico se trasunta en su producción entera; mucha parte de su labor fué disipada en aprender por tanteos sucesivos ciertas nociones que no pudo estudiar con método desde el comienzo» (Ingenieros, 1951).

Como se puede colegir en base a estos antecedentes, la preparación matemática de Ameghino no superó a los conocimientos elementales de geometría y aritmética. Esta inferencia se corrobora por las nociones que emergen en *Filogenia*: las cuatro operaciones fundamentales, la extracción de raíces, el concepto de ecuación, la relación por cociente, el tanto por ciento y el análisis de formas naturales (cráneo) por recursos geométricos (puntos, rectas, ángulos).

Apoyándose en estos limitados y escasos recursos de instrumental matemático (§ 3) se enfrenta con los grandes problemas de la biología matemática que barrunta desde el ángulo de la Teoría de la Evolución (§ 2).

§ 6. EL ESTADO DE LA INVESTIGACION BIOLOGICO-MATEMATICA DESDE LA EPOCA DE AMEGHINO HASTA NUESTROS DIAS

Los intentos de someter los fenómenos biológicos a los métodos analíticos matemáticos, especialmente desde el punto de vista estadístico, habían logrado ya éxitos estables durante el período de tiempo que abarcó la existencia de Ameghino (1854-1911)(*). Lam-

(*) Según la comunicación de A. R. J. Paoli, *Sobre el lugar del nacimiento del paleontólogo Florentino Ameghino,* presentada a este *Congreso Mundial de Ciencias Naturales,* nuestro sabio nació en Moneglia (Génova), el 19 de septiembre de 1853.

berto Adolfo Jacobo Quételet (1796-1874) había edificado, en 1871, una ciencia biométrica del ser humano, la *antropometría;* Francisco Galton (1822-1911) había conducido a un alto grado de desenvolvimiento el estudio cuantitativo de los hechos hereditarios; Carlos Pearson (1856-1936) había superado a sus predecesores en esta clase de estudios; y Angel Gallardo (1867-1934) se había ocupado de los mismos en Argentina, entre 1901 y 1910 (fitoestadística, polígonos de variación, herencia, etc.) (Valentinuzzi, 1952).

Ameghino parece ignorar todo esto. Da la impresión de que se encamina autodidácticamente, como es su hábito, hacia la misma meta por otra ruta que se origina en algún impulso inicial debido a Jorge Leopoldo Cristino Cuvier (1769-1832). En efecto, en el § 2, *c*), así como en el § 3, *b*), hemos transcripto un pasaje de *Filogenia* (X, 321; 322) que es significativo en este sentido. Si Ameghino no ignoró los procedimientos bioestadísticos, puede ser que no los comprendiera o no le interesaran. De cualquier modo que fuese, es probable que aspirase a métodos como los que han prosperado en fechas más recientes, métodos que han configurado la *biología matemática analítica.*

Para evaluar el contenido biomatemático de *Filogenia* estimamos necesario referir resumidamente, casi en forma de simple esquema, los temas del dominio biológico-matemático actual que pueden entrar en conexión con el libro objeto de nuestro análisis.

En otro lugar (Valentinuzzi, 1954) nos hemos preocupado por definir y delimitar el sentido que acusa esta clase de estudios, remitiendo, sobre todo, a las fuentes bibliográficas.

a) Metodología biomatemática. Filogenia fué publicada en 1884 por primera vez; Ameghino falleció en 1911; después de 1884 no se ocupó más, a lo menos sistemáticamente, de las diversas cuestiones que lo llevaban de modo directo a la biología matemática.

La biometría, en vigoroso desarrollo ya en vida de nuestro naturalista, quizás ignorada por él, como hemos dicho hace un momento, continuó su florecimiento. La biometría es hoy disciplina de enseñanza común en las universidades. Para recoger una información cabal nos basta revisar algunas de las numerosas obras sobre biometría y los hermosos trabajos contenidos en *Biometrika,* revista fundada por Carlos Pearson en 1901 (Pearson, 1948; Valentinuzzi, 1954). Esta rama del conocimiento ha explorado mu-

chos problemas tratados, entrevistos o planteados por Ameghino: correlación anatómica (VIII, 266; 278) (Pearson, 1948; Pearson y Woo, 1935); influencia del número de antecesores (VII, 224) (Pearson, 1903); estabilización tipológica (VII, 234) (Pearson y Lee, 1903); evolución del cerebro (VII, 237; 239) (Pearson y Woo, 1935).

En el sentido matemático analítico aconsejamos buscar información sobre el desenvolvimiento de la biología matemática en la colección de *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, revista fundada por Nicolás Rashevsky en 1939 (Rashevsky, 1946, *b;* Valentinuzzi, 1954). Esta tendencia biomatemática ha escrutado cuestiones tocadas en *Filogenia*: morfoanatomía de los miembros locomotores (VIII, 279; 282) (Rashevsky, 1946); tamaño corporal (VII, 234) (Rashevsky, 1943, *a;* 1948).

b) Teoría de la Evolución. Carlos Pearson consagró, entre 1894 y 1911, una serie de memorias al estudio de la Teoría de la Evolución desde el punto de vista bioestadístico. Bajo el título general de dicha serie, *Contribuciones matemáticas a la Teoría de la Evolución* (Pearson, 1948), aparecen estudiados diversos temas, especialmente temas referentes a la herencia (ley de herencia ancestral, homotiposis, influencia de la selección natural sobre la variabilidad y la correlación de los órganos, leyes de Mendel, etc.). Las investigaciones de Pearson y su escuela conducen a la posibilidad de prever los caracteres de la descendencia en base a los datos biométricos de los padres y los antecesores, siendo esa previsión tanto más exacta cuanto mayor es el número de individuos genealógicamente precedentes que se tome en cuenta para el cálculo estadístico. Los vínculos cuantitativos entre los individuos de una dada línea genealógica, que se miden por el coeficiente de correlación, responden, desde el punto de vista de la contribución genética, a una serie matemática ya estudiada por Galton y mejor precisada por Pearson (Pearson, 1903).

Las investigaciones biométricas han llevado a la certidumbre de que, aun en cuanto a caracteres inesenciales, no se encuentra la especie humana en un estado estable, sino que acusa modificaciones tipológicas producidas por diversas acciones. Bastan pocas generaciones para cambiar una raza humana (Pearson y Lee, 1903).

El *principio de evolución* hoy está amplia y definitivamente con-

solidado en el terreno biológico (Regny, 1924; Hogben, 1947; Moret, 1948; Carter, 1951; Kusnezov, 1954) y su explicación profunda reside en los mecanismos cromosómicos (Sirlin, 1954, *a, c;* Reissig, 1954, *a, b*). Las transformaciones morfoanatómicas y fisiológicas de los seres vivos les aseguran una organización más estable (mecanismos adjustores), un mayor contenido energético y un mayor radio de acción mesológica (Lotka, 1948; Kusnezov, 1954).

c) Análisis de las formas y las estructuras anatómicas. Alberto Durero (1471-1528), artista del Renacimiento Alemán, se ocupó de las proporciones del cuerpo humano (Bertalanffy, 1942) y dió las bases de un método geométrico para analizar las relaciones morfológicas que D'Arcy Thompson desarrolló ampliamente con el nombre de *Teoría de la Transformación* (Bértalanffy, 1942; Bonin, 1943). Este método consiste esencialmente en obtener la *transformación de una forma orgánica en otra mediante la transformación de un sistema de coordenadas.* D'Arcy Thompson ha logrado así pasar de la *morfología del cráneo del caballo actual (Equus) a la morfología del cráneo de predecesores del caballo (Mesohippus y y Protohippus) y de formas colaterales de este phylum (Parahippus).* Las reconstrucciones hechas geométricamente de esta manera coinciden con los datos de la paleontología (fig. 1) (Moret, 1948). Notabilísimos resultados se ha logrado asimismo en el estudio de la pata de caballo (fig. 2), en cuyo análisis la aplicación de la *ecuación alométrica* afina la evaluación cuantitativa del proceso de transformación morfológica (Bertalanffy, 1942).

El examen biométrico del cráneo ha merecido minuciosos trabajos en estos últimos años, aplicando, entre otros recursos, la teoría de la correlación y algunos conceptos geométricos (Wagner, 1935; Pearson y Woo, 1935). Del estudio biométrico del cráneo han surgido algunas conclusiones que acusan, a nuestro juicio, interés general. En efecto, a pesar de las correlaciones existentes, no se puede predecir la forma y el tamaño de un hueso fundándose en la forma y el tamaño de otro hueso. Este concepto concuerda con la crítica hecha por Ameghino a las afirmaciones de Cuvier (VIII, 269). Referente al conjunto encefalocraneano, queremos señalar que la conclusión bioestadísticamente establecida por Pearson y Woo (1935) de que, en realidad, la herencia se hace sentir sobre el cerebro, siendo configurados el tamaño y la forma

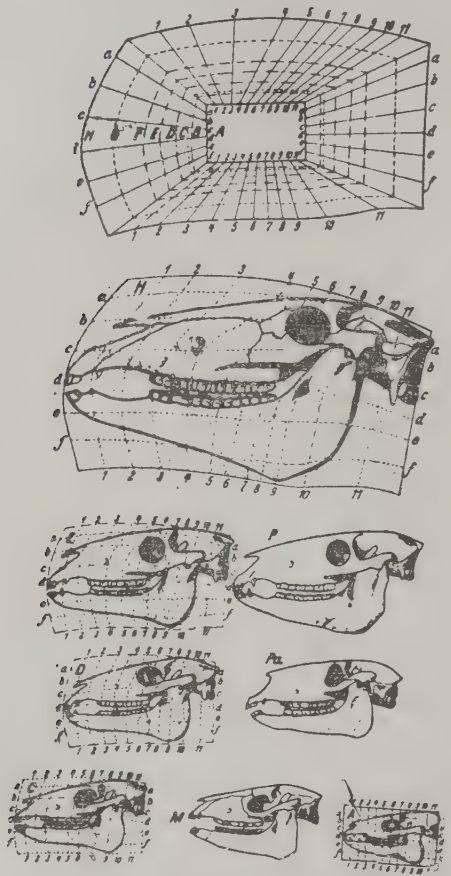
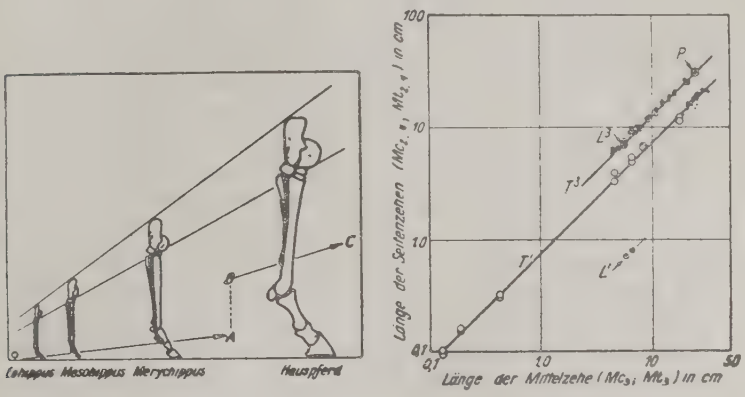


FIG. 1. — Transformación de coordenadas en la serie de los *Equidos* según Thompson. El cráneo de *Hyracotherium* ha sido inscripto en un simple sistema de coordenadas cartesianas (*A*) y éste ha sido progresivamente transformado, con agrandamiento simultáneo, como lo indica la figura superior, de tal manera que *H* representa, en forma correctamente proporcional, la red coordenada correspondiente al caballo moderno (*Equus*). Por interpolación resultan así formas craneanas teóricas, de las cuales han sido dibujadas aquí la *C*, la *D* y la *E*. A las etapas intermedias *C* y *E*, teóricamente construídas, corresponden exactamente los cráneos fósiles de *Mesohippus* (*M*) y *Protohippus* (*P*), que se consideran asimismo, en general, como formas predecesoras del caballo moderno. Por el contrario, es mala la coincidencia de la forma hipotéticamente construída *D* con *Parahippus* (*Pa*), que más se aproxima a este estadio, pues el cráneo de *Parahippus* es más largo, más elevado y más estrecho. Cabe deducir de la transformación que *Parahippus* no está en la línea directa que va de *Eohippus* a *Equus*, sino que representa una rama lateral, lo cual concuerda con la paleontología. La transformación de coordenadas se demuestra así como un valioso método exacto para restablecer o revisar series filogenéticas (Bertalanffy, 1942, fig. 82).

del cráneo como consecuencia del comportamiento de aquél, fué formulada por Ameghino. En efecto, en el Capítulo V, p. 169, se refiere a este concepto, y en el Capítulo VII, p. 239, de *Filogenia*, que ya citamos (§ 3, *a*), dice: « El cerebro, en su desarrollo, como



a *b*

FIG. 2. — Desarrollo de la pata del caballo. La fig. *a* muestra, en la pata derecha posterior de la serie de los *Equidos*, dos modos diferentes de desarrollo: en la serie de tres dedos de *Eohippus* a *Merychippus*, el progresivo alejamiento de los dedos laterales respecto al suelo (según la línea *O* .... *A*), lo cual deja a los mismos sin función, seguida por la reducción brusca de los dedos laterales al estado de huesos estiloides (*A* ... *B*), no existiendo en la ontogenia del caballo moderno el trayecto filogenético *O* .... *A*. La fig. *b* muestra estas dos series de desarrollo en representación alométrica. La recta superior T^3 reproduce el desenvolvimiento del caballo de tres dedos. Los cuadrados (□) se refieren a *Hyracotherium* y *Eohippus*, los triángulos (△) a *Mesohippus* y *Merychippus*, *P* a un caballo moderno polidáctilo; en la misma línea de desarrollo tambien se encuentra el camello extinguido *Litopterna* (L^3), semejante al caballo, forma de tres dedos, la cual, en este sentido, parece cuantitativamente idéntica al caballo de tres dedos. La línea T^1 da la transformación en huesos estiloides de los correspondientes huesos del caballo moderno de un dedo. Círculos claros (*O*), caballo moderno fetal; círculos llenos pequeños (●), caballo adulto; cruces (+), caballo extinguido de un dedo. L^1 indica la mutación paralela en *Litopterna* unidáctila. Las ecuaciones alométricas de las líneas T^3 y T^1, casi paralelas, son: $y = 1{,}4\ x^{0{,}98}$; $y = 0{,}75\ x^{0{,}99}$. Según Robb (Bertalanffy, 1942, fig. 86) (*Hauspferd*: cabalo doméstico; *Länge der Seitenzehen*: longitud de los dedos laterales; *Länge der Mittelzehe*: longitud del dedo medio).

cuerpo blando, hace presión igual en todos sentidos, dando al cráneo una forma tanto más globular cuanto mayor es el del cerebro, que tiende a conservar la forma esférica, que es la que permite hacer presión con ventaja en todo sentido y ocupar el mayor volumen en el menor espacio posible ». A este proceso le da Ameghino asimismo un valor etnoantropatogenético (XI, 354). Los úl-

timos trabajos han introducido novedades técnicas en la antropometría (Wagner, 1935; Males, 1948, *b;* Orlandini y Males, 1948) y también han delimitado su valor (Males, 1948, *a*).

La Escuela Biofísica de Chicago ha sometido a los métodos de la biología matemática los problemas que plantea la morfología de las plantas y de los animales. Se parte en estas investigaciones de un concepto biodinámico clásico, bien conocido por Ameghino: *la forma de cualquier organismo es determinada por las necesidades impuestas por la realización de ciertas funciones biológicas.* Las magnitudes intervinientes son fuerzas mecánicas específicas, la masa orgánica, el metabolismo, etc. La locomoción (marcha terrestre, natación y vuelo) es primordialmente morfogenética (Rashevsky, 1944; Moret, 1948).

En base a consideraciones puramente mecánicas cabe obtener algún esclarecimiento de la razón de ser de la estructura de las extremidades de los animales cuadrúpedos, asunto al cual Ameghino prestó especial atención desde el punto de vista filogenético (XI, 354; 356; 361, 407). Rashevsky dice: « In a very rough way, a quadruped may be considered from a machanical point of view as a bar supported at it ends. This sets definite limits to the length of the trunk for a given width. The actual supporting structure is the vertebral column. However, not only the ribs, but even the soft muscular and other tissues contribute to some extent to the mechanical strength of the trunk. The study of different factors and conditions affecting the mechanical strength of the trunk of quadrupeds is a most interesting, but extremely complex problem. Its development will result in many relations which will offer clues for biometric studies » (Rashevsky, 1944; 1946, *a*, y 1948; Householder, 1945).

El análisis de las estructuras anatómicas ha sido planteado en el terreno matemático por Rashevsky (1944), refiriéndolas a argumentos dinámicos: « The size and shape of different internal organs may also be considered as determined by the requirements put on them by the perfomance of their functions. Hence a general physico-mathematical theory of organic form should include the internal structure of animals as well as their external shape ». Lotka (1948) funda la explicación de los hechos fisiomorfogenéticos en una noción bioenergética muy general. A su juicio, en

la evolución orgánica, la estructura y las propiedades mecánicas de los componentes del sistema biológico, de los cuales depende su aptitud de captar energía, desempeñan un papel dominante.

Si se proyecta el espíritu de búsqueda científica del dominio morfogenético al dominio de las determinaciones bioquímicas, para descubrir las relaciones funcionales entre los hechos anatómicos y los procesos fisicoquímicos fundamentales del ser vivo, se abre un horizonte científico inmenso (estímulos morfogenéticos, mecanismos morfogenéticos, significado fisiológico y bioquímico de la ecuación alométrica, etc.) (Bertalanffy, 1942; Householder, 1944).

d) *Embriogenia.* En el Capítulo IX de *Filogenia* su autor evalúa la *embriología,* la *teratología* y la *paleontología* desde el punto de vista evolutivo y taxonómico. Actualmente la investigación biomatemática y bioquímica ha atacado los problemas embriológicos en sentido embriogenético, encaminándose los trabajos a la búsqueda de mecanismos y afinidades biológicas más profundas, las cuales amplíen, corroboren o rectifiquen las ideas clásicas, que son las que informaron a Ameghino. El análisis matemático de la acción de fuerzas de difusión en agregados de células metabolizantes conduce a la explicación mecánica de la formación de cavidades embrionarias (Rashevsky, 1940, *a*). Se ha conseguido, asimismo, plantear en términos biofisicomatemáticos el proceso de la gastrulación, la formación de pliegues, etc. (Rashevsky, 1940, *b, c, d*). Consideramos de interés señalar también que se ha avanzado en el conocimiento de los factores químicos de los mecanismos embriogenéticos (Dorfman, 1945).

e) *Principios generales y fundamentales.* Como lo hemos destacado ya (§ 4), Ameghino persiguió en *Filogenia* la *formulación de principios generales y fundamentales.* Esas enunciaciones implican una profunda aspiración filosófica a las generalizaciones. El provecho máximo de una generalización surge cuando es matemáticamente expresable (ley general de los gases, ley de la gravitación universal, principios de la termodinámica, etc.). Hoy se ha avanzado apreciablemente en tal sentido en biología matemática.

El mundo orgánico globalmente considerado se caracteriza por una incesante interacción entre diferentes organismos, la cual involucra intercambios de materia y energía. Si se postula como principio que *los procesos vitales evolucionan de tal manera que tien-*

da hacia un valor máximo el flujo de energía en el mundo orgánico (Rashevsky, 1943, *a, b, c;* Lotka, 1948), se tiene el punto de partida para la interpretación cuantitativa de los hechos y los fenómenos biológicos. El enunciado que acabamos de dar es el *principio de Lotka-Rashevsky*. Primeramente lo estableció Lotka y, luego, le dió forma matemática Rashevsky (1943, *b*). Sea F una función de ciertos parámetros biológicos $x_1, x_2, \ldots x_n$, que determinan los intercambios de energía de un sistema biológico, y de sus derivadas $\dot{x}_1, \dot{x}_2, \ldots \dot{x}_r$; H la función hamiltoniana que depende de las coordenadas generalizadas q y de los momentos p; $f_i \dfrac{dx_i}{dt}$ las fuerzas de fricción y τ una constante universal, característica de los fenómenos biológicos. La expresión matemática del *principio de Lotka-Rashevsky es*:

$$\delta \int_{t_1}^{t_2} \left(\tau\, \delta F - \delta H - \sum_i f_i \frac{dx_i}{dt}\, \delta x_i \right) dt = 0.$$

De esta condición extremante derivan las ecuaciones

$$f_i \frac{dx_i}{dt} + \frac{\partial H}{\partial x_i} - \tau \frac{\partial h}{\partial x_i} = 0\,,$$

que se refieren a *sistemas biofísicos*. Dichas ecuaciones se desglosan en dos grupos: unas son propias de los *sistemas anorgánicos (físicos)*,

$$f_i \frac{dx_i}{dt} + \frac{\partial H}{\partial x_i} = 0\,;$$

y, otras, son propias de los *sistemas orgánicos (biológicos)*,

$$f_i \frac{dx_i}{dt} - \tau \frac{\partial h}{\partial x_i} = 0\,.$$

Estas ecuaciones pueden ser aplicadas al estudio de las formas paleontológicas, los procesos biosociales y las correlaciones anatomofuncionales, así como al análisis del origen de la materia viviente y del proceso de organización de la misma (Rashevsky, 1943, *a, c*).

El *principio de Lotka-Rashevsky* se halla vinculado al *principio general de la evolución: la tendencia general del mundo de los seres vivos es la de alcanzar un mayor dominio sobre la materia anorgánica* (Kusnezov, 1954).

§ 7. INTERPRETACION ACTUAL Y VALOR DEL CONTENIDO BIOMATEMATICO DE *FILOGENIA*

En el estudio de la configuración de los átomos se ha adoptado una nomenclatura descriptiva que consiste en designar por letras las órbitas en que se hallan los electrones, por un coeficiente la capa a que pertenece la órbita y por un exponente el número de electrones que existen en cada órbita. Por ejemplo, la configuración electrónica del hidrógeno es

$$1\,s^1,$$

simbolización que significa que hay un electrón en la órbita s de la primera capa; la del litio es

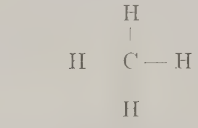
$$1\,s^2\,2\,s^1,$$

lo cual expresa que hay dos electrones en la órbita s de la primera capa y un electrón en la órbita s de la segunda capa; y la configuración del átomo de carbono es

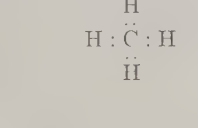
$$1\,s^2\,2\,s^2\,2\,p^2$$

es decir, existen dos electrones en la órbita s de la primera capa, dos en la s de la segunda capa y dos electrones en la órbita p de la segunda capa.

En el estudio de las moléculas se utiliza esquemas de ligadura que facilitan el trabajo comparativo. Por ejemplo, la molécula del metano, compuesta por átomos de hidrógeno y carbono, CH_4, se expresa por el siguiente esquema estructural:



Pero se detalla más la configuración si se indica el número de electrones que intervienen en cada ligadura:



El dióxido de carbono presenta este esquema de ligadura:

$$O = C = O$$

Recurriendo a la representación electrónica se tiene:

$$:\ddot{O}::C::\ddot{O}:$$

Pero caben otras posibilidades:

$$\ddot{O}::C^{-}::\ddot{O}:^{-}\ ,\ {}^{-}:\ddot{O}:C:::O:^{+}\ ,\ \text{etc.}$$

Los signos expresan las cargas eléctricas iónicas.

Para el disulfuro de carbono tenemos:

$$S = C = S\ ,\ {}^{+}O \equiv C - S^{-}\ ,\ {}^{-}S - C \equiv S^{+},\ \text{etc.}$$

Podríamos multiplicar los ejemplos, pero, para nuestro objeto, bastan los citados (Pauling, 1945).

La fórmula dentaria del hombre es

$$\frac{2}{2}\,i\ \frac{1}{1}\,c\ \frac{5}{5}\,m = 32,$$

o sea, posee dos pares de incisivos superiores (por cuanto la fórmula se refiere a una mitad de los maxilares) y dos pares inferiores, un par de caninos superiores y un par de inferiores y cinco pares de muelas superiores y cinco inferiores, todo lo cual da un total de treinta y dos dientes (X, 323).

La fórmula dentaria del perro es

$$\frac{3}{3}\,i\ \frac{1}{1}\,c\ \frac{6}{7}\,m\left(\frac{3}{4}\,p\,r\,m\ \frac{1}{1}\,c\,a\,r\ \frac{2}{2}\,t\right) = 42,$$

es decir, hay tres pares de incisivos superiores y tres pares inferiores, un par de caninos superiores y un par de caninos inferiores, seis pares de muelas superiores y siete pares inferiores, de las cuales tres pares superiores y tres pares inferiores son premolares, un par de superiores y uno de inferiores son carniceros y dos pares de superiores y dos inferiores son tuberculosos. En total, este animal posee cuarenta y dos dientes (X, 325).

La fórmula dentaria del topo es

$$\frac{\dot{3}}{\dot{4}}\, i\, \frac{\ddot{1}}{\ddot{1}}\, c\, \frac{\bar{7}}{\bar{6}}\, m \left(\frac{\ddot{3}}{\ddot{3}}\, p\, r\, m\, \frac{\dddot{2}}{\ddot{3}}\, \frac{\because 1}{0}\, \frac{\therefore 1}{0}\, p\, s\, t\, m \right) = 44,$$

o sea, este animal tiene tres pares de incisivos superiores y cuatro de incisivos inferiores, pequeños y unirradiculares; un par de caninos superiores y un par de inferiores grandes y birradiculados; siete pares de muelas superiores y seis de muelas inferiores todas radiculadas, de las cuales tres pares de premolares superiores y tres pares de inferiores son birradiculadas, dos pares de postmolares superiores son de tres raíces y tres pares de postmolares inferiores con dos raíces, un par de postmolares superiores con cuatro raíces y un par de postmolares, igualmente superiores, con tres raíces. En total, cuarenta y cuatro dientes (X, 331).

La fórmula digital del perro es

$$\frac{5}{4},$$

la cual significa que este animal tiene cinco dedos en el miembro anterior y cuatro en el posterior (X, 334-335). A la vizcacha le corresponde esta fórmula digital:

$$\frac{-4}{-3-}$$

Expresa que, en este animal, hay cuatro dedos en el miembro anterior y tres en el posterior, falta el dedo interno o pulgar en el miembro anterior y, en el miembro posterior, faltan el primer dedo y el quinto dedo (X, 335).

Para el megaterio se tiene

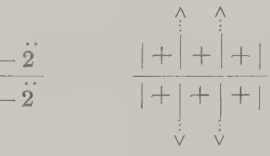
$$\frac{3^1}{=1^2}$$

o sea, en el miembro anterior hay tres dedos completos, el externo es rudimentario y el primero está representado por el metacarpiano; en el miembro posterior existe un dedo completo, el cuarto dedo y el quinto son rudimentarios y faltan el primero y el segundo (X, 335).

Mediante una segunda fórmula más objetiva es posible dar cuenta de la construcción anatómica del esqueleto interno de las extremidades de los miembros (X, 337). Por ejemplo, traduciremos la conformación de las extremidades de los miembros locomotores del caballo así:

Vale decir, este animal tiene un solo dedo completo en cada pie, con tres falanges distintas, la última envuelta por una pezuña (vaso); los dedos laterales a éste están representados por metacarpianos y metatarsianos atrofiados, de los cuales no existe sino la parte superior; faltan los dedos interno y externo.

Otro ejemplo, el del carnero:



En este animal hay dos dedos completos, con pezuña; de otros dos sólo existen los metacarpianos y los metatarsianos; todos estos huesos están soldados entre sí.

Ameghino no atribuye a las fórmulas dentarias y digitales otro valor que el de recursos de descripción abreviada de hechos morfoanatómicos (X, 331; 333; 345). En el estado actual de la ciencia nosotros creemos que estas expresiones son pasibles de una interpretación más profunda y, por lo tanto, pueden adquirir interés constructivo y heurístico. Las fórmulas de configuración electrónica que emplean los físicos, los químicos y los fisicoquímicos, y de las cuales hemos dado algunos ejemplos, acusan, además de su poder descriptivo, un *sentido funcional.* Mediante la mecánica ondulatoria se logra, en efecto, una traducción analítica de esas configuraciones, cuyos entes matemáticos son las funciones de onda ψ. Estas funciones satisfacen la *ecuación de Schrödinger* correspondiente al

sistema cuya configuración se estudia. La configuración está ligada a un determinado *estado energético*. Si se modifica éste cambia la configuración atómica y debe alterarse la descripción simbólica vista al comienzo; toda transformación configuracional es correlativa de una transformación energética.

Desde Juan Gregorio Mendel (1822-1884) hasta Thomas Hunt Morgan (1866-1945) las investigaciones sobre evolución y herencia condujeron al establecimiento de la correspondencia entre estructura cromosómica y atributos biológicos (Hogben, 1947; Reissig, 1954, *a*, *b*; Sirlin, 1954, *a*, *b*).

Las fórmulas anatómicas descriptivas a que nos hemos referido son correlativas de disposiciones cromosómicas; éstas se fundan, esencialmente, en configuraciones atómicas. *Todo estado estructural cromosómico sería traducible en términos de funciones de onda y, por lo tanto, cualquier transmutación morfológica correspondería al pasaje de un estado energético a otro.*

Estamos, así, en plena *biología molecular cuántica*, disciplina que emerge en algunas cuestiones o ya está en desarrollo respecto a otras (Sirlin, 1954; Valentinuzzi, 1954). *Esta novísima orientación científica confiere al pensamiento formalista de Ameghino un contenido biofísico imprevisto.*

Un análisis crítico de los principios que hemos ordenado en el § 4, hecho en base al conocimiento actual en materia de evolución y genética, nos podría precisar su valor, sea desde el punto de vista de la mecánica del desarrollo, sea desde el punto de vista cromosómico. En relación con la estabilidad de las modificaciones cromosómicas (Hogben, 1947) nos resulta interesante este pasaje de Ameghino: las razas, variedades o especies « poseen caracteres tanto más fijos cuanto se remontan a tiempos más antiguos y tanto más variables cuanto son de origen más moderno » (III, 137). Dichos principios cobran importancia en relación con el proceso organizativo biológico (Rashevsky, 1943, *c*). En particular, el *principio de irreversibilidad biológica* halla hoy en el *concepto de organización* termodinámicamente estimado (Schrödinger, 1946 y 1947) y en el *concepto de dientropía* de Fantappié (Valentinuzzi, 1954) nuevas posibilidades de estudio.

Referencias bibliográficas

Ameghino, F. 1915. — « Filogenia. Principios de clasificación transformista basados sobre leyes naturales y proporciones matemáticas ». La Cultura Argentina, Buenos Aires.

Avila, B. de. 1940. — « Antropometría e desenvolvimiento físico. Métodos e pesquisas de antropología física ». Río de Janeiro.

Babini, J. 1953. — « Florentino Ameghino ». *Ciencia y Tecnología*, **3**, n° 11, octubre-diciembre, p. 157.

Bertalanffy, L. von. 1932 y 1942. — « Theoretische Biologie ». Gebrüder Borntraeger, Berlin-Zehlendorf.

Boncour, G. P. 1912. — « Antropologie anatomique ». O. Doin et Fils, Paris.

Bonin, G. von. 1943. — « Comentario sobre el libro de D'Arcy Wentworth Thompson "On growth and form" ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **5**, p. 111.

Carter, G. S. 1951. — « Animal evolution. A study of recent views of its causes ». Sidgwick and Jackson, London.

Crowther, J. G. 1945. — *a* « Humphry Davy y Michael Faraday (Hombres de ciencia británicos del siglo XIX) ». Colección Austral. Espasa-Calpe Argentina, S. A., Buenos Aires-México.

b « J. Prescott Joule, William Thomson y J. Clerk Maxwell (Hombres de ciencia británicos del siglo XIX) ». Colección Austral. Espasa-Calpe Argentina, S. A., Buenos Aires-México.

Dorfman, V. A. 1945. — « Embriología química ». Academia de Ciencias de la Unión Soviética, Moscú-Leningrado. (En ruso).

Hogben, L. 1947. — « ¿Qué es la materia viva? ». Espasa-Calpe Argentina, S. A., Buenos Aires-México.

Householder, A. S. 1944. — « Comentario sobre el libro de Joseph Needham "Biochemistry and Morphogenesis" ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **6**, p. 83.

1945. — « Dinámica de la locomoción cuadrúpeda ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics* », **7**, p. 53.

Ingenieros, J. 1951. — « Las doctrinas de Ameghino ». R. J. Roggero y Compañía, Buenos Aires.

Keyser, C. J. 1947. — « Mathematics as a culture clue and other essays ». Scripta Mathematica, Yeshiva University, New York.

Kusnezov, N. 1954. — « Tendencias evolutivas en el mundo de organismos ». *Ciencia e Investigación*, **10**, n° 3, marzo, p. 99.

Lotka, A. J. 1948. — « Aspectos físicos de la evolución orgánica ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **10**, p. 103.

Males, B. 1948. — *a:* « Los derroteros actuales de la antropología ». *Anales del Instituto Etnico Nacional*, **1**, p. 35.

b Sobre la ubicación espacial de los puntos cefalométricos ». *Anales del Instituto Etnico Nacional*, **1**, p. 75.

Mercante, V. 1911. — « Florentino Ameghino. Su vida y sus obras ». J. Peuser, Buenos Aires.

MORET, L. 1948. — « Manual de Paléontologie Animale ». Masson et Compagnie, París.

MIRANDA, F. M. 1954. — « Ameghino joven ». *Ciencia e Investigación*, **10**, nº 5, mayo, p. 197.

ORLANDINI, L. F., y MALES, B. 1948. — « Relaciones métricas y angulares de determinados puntos faciales en biotipos distintos ». *Anales del Instituto Etnico Nacional*, **1**, p. 115.

PAULING, L. 1945. — « The nature of the chemical bond and the structure of molecules and crystals. An introduction to modern chemistry ». Cornell University Press. Oxford University Press.

PEARSON, E. S. 1948. — « Pearson, creador de la Estadística Aplicada ». Espasa-Calpe Argentina, S. A., Buenos Aires-México.

PEARSON, K. 1903. — « La ley de herencia ancestral ». *Biometrika*, **2**, p. 211.

PEARSON, K., y LEE, A. 1903. — « Sobre las leyes de la herencia en el hombre. I: Herencia de los caracteres físicos ». *Biometrika*, **2**, p. 357.

PEARSON, K., y WOO, T. L. 1935. — « Nuevas investigaciones de los caracteres morfométricos de los huesos individuales del cráneo humano ». *Biometrika*, **27**, p. 424.

RASHEVSKY, N. 1940. — *a:* « Contribuciones a la biofísica matemática de la forma orgánica. I: Formación de cavidades en agregados celulares ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **2**, p. 27.

b: « Aspectos físicomatemáticos de algunos problemas de la forma orgánica ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **2**, p. 109.

c: « Contribución a la biofísica matemática de la forma orgánica. III: Deformación de agregados celulares en forma de capa ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **2**, p. 129.

d: « Deformación de agregados celulares en forma de capa: aplicación a la gastrulación ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **2**, p. 169.

RASHEVSKY, N. 1943. — *a:* « Esquema de un nuevo análisis de la biología general ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **5**, p. 49.

b: « Nota sobre el principio hamiltoniano en biología física ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **5**, p. 65.

c: « Sobre el origen de la vida ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **5**, p. 165.

RASHEVSKY, N. 1944. — « Estudios en la teoría físicomatemática de la forma orgánica ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **6**, p. 1.

RASHEVSKY, N. 1946. — *a.* « Algunas consideraciones sobre la estructura de las extremidades de los cuadrúpedos ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **8**, p. 83.

b: « Desarrollo de la biofísica en Estados Unidos de América del Norte desde 1939 hasta 1945 inclusive ». *Relationes de auctis scientiis tempore belli*, 1939-1945, *Pontificia Academia Scientiarum*, nº 14.

RASHEVSKY, N. 1948. — « Sobre la locomoción de los mamíferos ». *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, **10**, p. 11.

REISSIG, J. L. 1954. — *a:* « Thomas Hunt Morgan ». *Ciencia e Investigación*, **10**, nº 3, p. 220.

b: « Adelantos en genética ». *Ciencia e Investigación*, **10**, nº 5, p. 224.

Regny, P. 1924. — « Paleontología ». Manuali Hoepli, Milán.

Schrödinger, E. 1946. — « What is life? The physical aspect of living cell ». University Press, Cambridge. Macmillan Company, New York.

1947. « ¿Qué es la vida? ». Espasa-Calpe, Buenos Aires-México.

Sirlin, J. L. 1954. — *a:* « Desarrollos en genética de ratones ». *Ciencia e Investigación*, **10**, nº 4, p. 180.

b: « Sobre adaptaciones ». *Ciencia e Investigación*, **10**, nº 5, p. 231.

c: « Comentario sobre el libro de J. T. Bonner "Morphogenesis, an essay on development" ». *Ciencia e Investigación*, **10**, nº 6, p. 270.

Thompson, D'A. W. 1942. — « On growth and form ». The University Press, Cambridge. The Macmillan Company, New York.

Topinard, P. 1885. — « Eléments d'Anthropologie Générale ». A. Delahaye et E. Lecrosnier, París.

Valentinuzzi, M. 1950. — « Contribución al estudio físico de la contracción uterina ». Tesis de Doctorado en Medicina, Buenos Aires.

Valentinuzzi, M. 1952. — « Angel Gallardo como biofísico ». *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, **153**, E. 3, marzo, p. 102-116.

Valentinuzzi, M. 1954. — « Génesis, estructura, sentido actual y enseñanza de la biofísica ». *Ciencia y Tecnología*, julio-septiembre, nº 14, Unión Panamericana, Washington.

Wagner, K. 1935. — « Indices y diámetros endocraneanos. Un nuevo instrumento para medir los diámetros internos del cráneo ». *Biometrika*, **27**, p. 88.

ANALISIS DIMENSIONAL

POR EL INGENIERO

PEDRO LONGHINI

1. Preliminares. — El fin de análisis dimensional es, según el profesor P. W. Bridgman, dar ciertas aclaraciones con respecto a las magnitudes medibles vinculadas con fenómenos naturales.

Toda ley de un proceso natural es una relación funcional entre magnitudes medibles: modulares, escalares, vectoriales o tensoriales, cuya medición, sea en forma directa o indirecta, exige la adopción previa de los respectivos patrones o unidades de la misma *especie* de la que se trata de medir.

Así, cuando se quiere expresar la distancia entre dos puntos, se dirá que es 8 metros, o bien, 26,2 pies, u 800 centímetros, u 8,74 yardas, etc.; los números 8; 26,2; 800; 8,74, expresan *la medida* o cantidad de unidades, mientras que el metro, el pie, el centímetro o la yarda, es la respectiva *unidad de medida*. En este caso, la *longitud*, tomada genéricamente, es la *especie* a que pertenece la magnitud medida, mientras que el metro, el pie, etc., son diversas *clases* de unidades de la misma especie.

En general, a una magnitud cualquiera en lo sucesivo la indicaremos del modo siguiente:

$$P = p\,[P]$$

donde P es la *magnitud*, p su medida o cantidad, $[P]$ la *unidad dimensional*.

Particularmente, en el caso de la longitud se escribirá en forma genérica:

$$L = l\,[L]$$

Nota. — La forma adoptada en esta exposición es de carácter didáctico, en razón de que ella sirvió de base al cursillo para post graduados que se dictó en la Facultad de Ingeniería de Buenos Aires en setiembre y octubre de 1954.

Debe advertirse que si bien, cuando se trata de magnitudes vectoriales, la unidad $[P]$ será un versor o un cursor, bajo el aspecto en que la considera el análisis dimensional ella pierde el carácter vectorial, admitiendo solamente las operaciones de suma algebraica, multiplicación, división, elevación a potencia y extracción de raíces, propias de las magnitudes escalares, con las restricciones que impone el postulado de homogeneidad en la forma que más adelante se explica.

2. Postulados. — *a*) Para que una fórmula matemática que relaciona las medidas de diversas magnitudes sea la expresión de un fenómeno de la física o de la mecánica, es menester que cada uno de sus sumandos esté medido con una misma unidad. En otros términos, las operaciones de suma o resta entre magnitudes dimensionadas sólo son admisibles cuando ellas son de la misma especie. Tal es la enunciación del *postulado de homogeneidad.*

Cuando las magnitudes que se suman algebraicamente, siendo de la misma especie, fueran de distinta clase, deben ser transformadas de modo que se midan con unidades de una misma clase, operación, esta última, que es siempre posible.

Así, por ejemplo, supongamos tener las tres magnitudes

$$P_1 = p_1 [P] \;\; ; \;\; P_2 = p_2' [P'] \;\; ; \;\; P_3 = p_3'' [P'']$$

donde $[P]$, $[P']$, $[P'']$, son unidades de la misma especie pero de distinta clase. Estas últimas siempre se podrán expresar en función de una cualquiera de ellas; si elegimos la primera como única unidad, para las otras dos se tendrá

$$[P'] = \alpha' [P] \text{ y } [P''] = \alpha'' [P]$$

luego

$$P = P_1 \pm P_2 \pm P_3 = p_1 [P] \pm p_2' [P'] \pm p_3'' [P'']$$

y

$$P = p_1 [P] \pm \alpha' p_2' [P] \pm \alpha'' p_3'' [P]$$

o bien

$$P = (p_1 \pm \alpha' p_2' \pm \alpha'' p_3'') [P]$$

Como consecuencia inmediata del principio de homogeneidad resulta que, si un término de la función a que se ha hecho referencia al enunciarlo es adimensionado, es decir un número abstracto, todos los demás sumandos también deben ser adimensionados.

b) Cuando se dividen dos magnitudes de la misma especie y de la misma clase, el resultado es un número que es independiente de la clase de unidades adoptadas, tal es la enunciación del *postulado*, que Bridgman denomina *de la significación absoluta de la magnitud relativa.*

Esto es, si

$$[P_1] = p_1 [P] = p_1' [P'] = p_1'' [P'']$$
$$[P_2] = p_2 [P] = p_2' [P'] = p_2'' [P'']$$

son dos magnitudes de la misma especie y $[P]$, $[P']$ $[P'']$ son unidades de distinta clase.

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{p_1'}{p_2'} = \frac{p_1''}{p_2''} = m$$

Un ejemplo numérico pondrá en evidencia este postulado; sean

$$P_1 = 18 \text{ libras} = 18 \times 0{,}454 \text{ Kg} = 8{,}172 \text{ Kg}$$
$$P_2 = 6 \text{ libras} = 6 \times 0{,}454 \text{ Kg} = 2{,}724 \text{ Kg}$$
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{18 \text{ libras}}{6 \text{ libras}} = \frac{8{,}172 \text{ Kg}}{2{,}724 \text{ Kg}} = 3$$

3. Unidades independientes y dependientes. Sistemas de unidades. — Toda función matemática, que expresa la descripción de un fenómeno de la física o de la mecánica, vincula diversas magnitudes dimensionadas que podrán ser constantes o variables, y magnitudes adimensionadas, que también podrán ser constantes o variables. Por ejemplo, en la ley del movimiento oscilatorio armónico simple

$$x = r \operatorname{sen} (\omega t + \varphi_0) \qquad [1]$$

x y r son dimensionadas; la primera es variable, la segunda es constante, mientras que $\omega t + \varphi_0$ es una magnitud adimensionada variable, y lo mismo es sen $(\omega t + \varphi_0)$; aquí debe observarse que t es un tiempo, y como φ_0 es un número también debe serlo ωt, esto es, ω debe medirse con una unidad igual a la recíproca de un tiempo. A la unidad con que se mide ω, por depender de la unidad de tiempo, se le denomina *unidad dependiente o derivada*, mientras que las unidades de *longitud* con que se miden x y r, y de *tiempo* con que se mide t, se las denomina *unidades independientes ó primitivas.*

Si analizamos la ley del movimiento uniforme variado del punto,

$$l = l_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \qquad [2]$$

resulta que, por el principio de homogeneidad, cada término debe medirse con la unidad de longitud $[L]$, pero como existe la variable t que se mide con la unidad de tiempo $[T]$, que es independiente de aquélla, necesariamente v y a debe medírselas respectivamente con las unidades $[V] = [L]\,[T]^{-1}$ y $[A] = [L]\,[T]^{-2}$; las unidades $[V]$ y $[A]$ son dependientes, mientras que las $[L]$ y $[T]$ son independientes, siendo el factor $\frac{1}{2}$ una magnitud adimensionada constante.

Nada de absoluto hay en esta clasificación de las unidades de medida en independientes y dependiente, de modo que, como veremos después con mayor detenimiento, pueden tomarse $[V]$ y $[A]$ como unidades independientes y $[L]$ y $[T]$ como dependientes, en cuyo caso los valores de estas últimas serán:

$$[L] = [V]^2\,[A]^{-1} \quad \text{y} \quad [T] = [V]\,[A]^{-1}$$

Se denomina *sistema de unidades básicas* o simplemente *sistema de unidades*, el conjunto de unidades de medida independientes ó no entre sí, tales que permiten expresar todas las unidades de la demás magnitudes que intervienen en la expresión matemática de una determinada evolución de un sistema material.

Cuando el sistema de unidades está constituído por magnitudes independientes, lo llamaremos *fundamental*. En particular, la descripción de las leyes de la mecánica se la realiza sobre la base de alguno de los dos *sistemas de unidades fundamentales* siguientes:

$[L]$ *Longitud,* cuyo patrón es el centímetro, que se abrevia *cm*;
$[T]$ *Tiempo* cuyo patrón es el segundo de tiempo solar medio, que se abrevia *s*;
$[M]$ *Masa,* cuyo patrón es el gramo masa, y se abrevia *gm*.

Este sistema de medida, que es usual en la ciencia pura, se denomina absoluto y se indica con la sigla C. G. S.

En las ciencias aplicadas es usual emplear como magnitudes mecánicas fundamentales, las siguientes:

[L] *Longitud*, y como patrón alguno de los que siguen: el centímetro, el metro, el kilómetro, etc.;
[T] *Tiempo*, y como patrón alguno de los siguientes: el segundo, el minuto, la hora, etc., de tiempo solar medio;
[F] *Fuerza*, y como patrón alguno de los que siguen: el gramo peso, el kilogramo, la tonelada, etc.

Aquí hemos indicado patrones correspondientes al sistema métrico decimal, pero nada obsta, como lo hacen los británicos y los americanos del norte que, manteniendo en tales sistemas la misma especie de las unidades primitivas, se toman otros patrones como los siguientes:

para [L]; la pulgada, el pie, la yarda, la milla, etc.
para [F]; la libra, la onza, etc.

Para medir magnitudes geométricas basta con establecer una sola unidad primitiva, que designaremos con [L], la longitud; las demás, como las superficies, volúmenes, etc., se medirán con patrones dependientes de aquélla; en efecto:

$$\begin{aligned} [s]\ \text{(superficie)} &= [L]^2 \\ [v]\ \text{(volumen)} &= [L]^3 \end{aligned} \qquad [2]$$

pero nada obsta, salvo aspectos de comodidad, para que se tome el volumen como unidad primitiva, u otra; en tal caso, la longitud y la superficie se medirán con patrones dependientes, teniéndose así:

$$\begin{aligned} [L] &= [v]^{1/3} \\ [s] &= [v]^{2/3} \end{aligned} \qquad [3]$$

Para medir magnitudes cinemáticas es suficiente establecer dos unidades primitivas, por ejemplo [L] y [T], las demás unidades resultan dependientes de éstas; así:

$$\begin{aligned} [V]\ \text{(velocidad)} &= [L]\,[T]^{-1} \\ [A]\ \text{(aceleración)} &= [L]\,[T]^{-2} \\ [\Omega]\ \text{(vel. angular)} &= [T]^{-1} \end{aligned} \qquad [4]$$

Pero también pueden tomarse como unidades primitivas [Ω] y [V], en tal caso se tiene

$$\begin{aligned} [T] &= [\Omega]^{-1} \\ [L] &= [V]\,[\Omega]^{-1} \\ [A] &= [V]\,[\Omega] \end{aligned} \qquad [5]$$

Tampoco es necesario, para establecer una unidad dependiente, que esté constituída sólo por unidades independientes; puede ella expresarse en función de unidades independientes y dependientes al propio tiempo, así, por ejemplo:

$$[A] = [V]\,[T]^{-1} = [L]\,[\Omega]^3\,[T] = \ldots \qquad [6]$$

4. Teorema de Bridgman. — Este teorema se puede enunciar en los términos siguientes: *toda magnitud dependiente debe ser expresable por una constante multiplicada por potencias cualesquiera de las magnitudes primitivas.*

La demostración de este teorema se realiza sobre la base del postulado de la significación absoluta de la magnitud relativa, que se expuso en el nº 2.

Si designamos con p', p'', p''', etc., las medidas que corresponden a las magnitudes primitivas P', P'', P''' ... cuando se toman las unidades respectivas $[P']$, $[P'']$, $[P''']$ ..., la medida de una magnitud Q dependiente se podrá expresar por

$$q = f(p', p'', p''', \ldots) \qquad [1]$$

Un valor particular q_1 de Q, estará dado por

$$q_1 = f(p_1', p_1'', p_1''' \ldots) \qquad [1']$$

Otro valor q_2 de Q estará determinado por

$$q_2 = f(p_2', p_2'', p_2''' \ldots) \qquad [1'']$$

Si en lugar de la unidad $[P']$ se adopta otra unidad $[P']^*$, por supuesto de la misma especie, tal que

$$[P^1]^* = \frac{1}{\alpha}\,[P'] \quad \therefore \quad [P'] = \alpha\,[P']^*$$

las nuevas medidas que se obtienen para la magnitud P', evidentemente serán α veces mayores; análogamente, si en lugar de la unidad $[P'']$ se adopta otra $[P'']^*$, tal que

$$[P'']^* = \frac{1}{\beta}\,[P''] \quad \therefore \quad [P''] = \beta\,[P'']^*$$

las nuevas medidas que se obtienen para P'' serán β veces mayores, y así siguiendo.

De este modo la [1], cuando las unidades de medida son $[P']^*$, $[P'']^*$, ... se podrá escribir en la forma

$$q' = f(\alpha p', \beta p'', \ldots) \qquad [2]$$

y, análogamente,

$$q_1' = f(\alpha p_1', \beta p''_1, \ldots) \qquad [2']$$

$$q_2' = f(\alpha p_2', \beta p_2'', \ldots) \qquad [2'']$$

Si en las expresiones [1'], [1''], [2'] y [2''] se aplica el postulado citado más arriba, la relación siguiente debe mantener su valor cualesquiera sean p_1', p_2', ...; α, β, ...:

$$\frac{f(p_1', p_1'', \ldots\ldots)}{f(p_2', p_2'', \ldots\ldots)} = \frac{f(\alpha p_1', \beta p_1'' \ldots.)}{f(\alpha p_2', \beta p_2'' \ldots.)} = m \qquad [3]$$

Para determinar la forma de la función f, se procede del modo que sigue.

Siendo m una constante, cualesquiera sean los valores de α, β, ... y p', p'',..., si se deriva parcialmente la [3] respecto a α se tiene

$$p_1' \frac{\partial f(\alpha p_1', \beta p_1'', \ldots)}{\partial(\alpha p_1')} f(\alpha p_2', \beta p_2'', \ldots.) =$$

$$= p_2' \frac{\partial f(\alpha p_2', \beta p_2'' \ldots.)}{\partial(\alpha p_2')} f(\alpha p_1', \beta p_1'' \ldots)$$

o, también,

$$\frac{p_1'}{f(\alpha p_1', \beta p_1'', \ldots.)} \frac{\partial f(\alpha p_1', \beta p_1'', \ldots)}{\partial(\alpha p_1')} =$$

$$= \frac{p_2'}{f(\alpha p_2', \beta p_2'', \ldots.)} \frac{\partial f(\alpha p_2', \beta p_2'', \ldots.)}{\partial(\alpha p_2')}$$

Haciendo $\alpha = 1$, y teniendo en cuenta que esta última debe cumplirse para cualesquiera sean las medidas p_1', p_2', etc., se justifica la sustitución de estas diversas medidas de una misma magnitud por la variable p'; en consecuencia, se escribirá en la forma

$$\frac{p'}{f} \frac{\partial f}{\partial p'} = a \qquad [4]$$

De donde, a los efectos de su ulterior integración, se escribirá

$$\frac{df}{f} = a \frac{dp'}{p'} \qquad [5]$$

Integrando,

$$\lg f = \lg p'^{a} + C_1 \qquad [6]$$

siendo C_1 la constante de integración que aquí es función de las otras variables p'', p''', ..., y que puede escribirse $C_1 = \lg c_1$; luego la [6] toma la forma

$$f = c_1 p'^{a} \qquad [7]$$

Repitiendo estas consideraciones con cada una de las variables p'', p'''... resulta en definitiva que la función f, tendrá la forma

$$f = c_0 p'^{a} \cdot p''^{b} \cdot \ldots\ldots = q \qquad [8]$$

donde a, b, son constantes, lo mismo que la c_0 que precede a tal producto, con lo que queda demostrado el teorema.

Esta demostración es, con pocas variantes, la dada originalmente por Bridgman; ahora bien, este teorema puede deducirse directamente del principio de homogeneidad; en efecto, si cada término de la expresión matemática de una ley física debe estar medido por unidades de igual dimensión, resulta que las unidades dependientes son las que aparecen en la formación de un término de dicha expresión, y como es admisible que las leyes físicas sean expresables por polinomios según un teorema de Weirstrass, cuyos términos tienen la forma

$$Q = \alpha P_1^{a} P_2^{b} \ldots$$

que es precisamente lo que allí se expresa.

Queda, no obstante, como mérito de la demostración de Bridgman, el de no haber sido necesario postular que las leyes físicas siempre se pueden expresar en forma polinómica, sino que, precisamente, esta característica surge del propio teorema.

5. Formulas dimensionales. — Si en vez de considerar las medidas de las magnitudes en la función [1] del número anterior, se tienen en cuenta directamente las magnitudes con su unidad de medida, esa función se podrá escribir:

$$Q = f[P', P'', \ldots] \qquad [1]$$

y correspondientemente la [8] del número anterior resultaría ser

$$Q = k_1 P'^{a} \cdot P''^{b} \cdot \ldots\ldots \qquad [2]$$

siendo k_1 la nueva constante de integración; esta última fórmula también se podrá escribir en la forma

$$q[Q] = k_1 p'^{a} \cdot p'^{b} \cdot \ldots\ldots [P']^{a} \cdot [P''']^{b} \cdot \ldots\ldots \qquad [3]$$

que dividida miembro a miembro por la [8] del nº 4 resulta

$$[Q] = k\,[P']^a \,.\, [P'']^b \,.\,.\,.\,.\,. \qquad [4]$$

donde $\frac{k_1}{c} = k$ es una constante que debe ser igual a 1 para que la igualdad subsista, por cuanto el primer miembro representa una *unidad*, y el segundo también es un producto de potencias de *unidades*; fórmula que expresa el valor de la unidad de medida dependiente en función de las unidades de medida $[P']$, $[P'']$ . . .

El conjunto de los exponentes a, b,. . . que se presentan en la [4], es lo que se denomina la *fórmula dimensional*, correspondiente de una magnitud dependiente.

Advertimos, una vez más, y trataremos de demostrarlo más adelante en el nº 11, que el análisis dimensional no tiene medios para establecer, en un conjunto de magnitudes, cuáles pueden ser independientes y cuáles dependientes; esta clasificación surge únicamente de la definición física de las magnitudes en juego, de modo que entre las $[P']$, $[P'']$ . . . indicadas más arriba, puede haber unidades dependientes.

(Continuará)

INFLUENCIA CLIMATICA EN LOS JUEGOS OLIMPICOS

POR

GUILLERMO HOXMARK

SUMMARY. — *Climatic influence in the Olympic Games.* — This paper is the last of a serie of researches published in former years, shoving the influence of climate on man, by correlating the points won by the different national teams during the International Olympic Games since 1920 in Antwerp, with the average temperature of the respective countries, establishing index numbers by dividing the population with the number of points and then utilize the smallest amount obtained by a nation as a divisor. The results are shown in tables I, II and III, and Fig. 1.

Tables IV to XIII gives jointly with Figs. 2 and 3 a new view on the influence of thermal conditions on the physical conditions of man. To that end 38 nations were separated in 9 groups racially related. The average anual temperature in degress centigrades for the groups and the total amount of points won by the teams were calculated, and then was this total divided by the temperature. The results show that the Scandinavians had in Oslo-Helsinki 159,27 points for each degree of mean annual temperature; the Saxons (Canada, U.S. and Great Britain) 108,90; the U.S. S.R. 83,86; the Teutons 58,89; etc.

The sequence show that low temperatures goes with many points and that less points is the result of higher thermal values.

Este estudio es el último de una serie de trabajos sobre el mismo tema publicados en años anteriores. El primero apareció en « ECOLOGY », New York, septiembre 12 de 1925, y el año siguiente en los « ANALES » de la Sociedad Científica Argentina, tomo CII, p. 53 y siguientes. Aquel trabajo presentó una correlación entre la temperatura y los resultados, en puntos, que correspondían a los distintos equipos nacionales durantes los Juegos Olímpicos en 1920 (Amberes) y 1924 (París).

Más tarde fueron tratadas las competencias en 1936 (Berlín), y de 1948 (Londres). Estos últimos estudios mostraron la consistencia de los preceptos establecidos al principio, es decir, que

la capacidad atlética está en relación inversa con la temperatura, o sea, que los atletas procedentes de regiones de climas frescos poseen mayores facilidades para clasificarse bien en las lides internacionales. En lo siguiente se ha reunido el material estadístico de los 5 Juegos Olímpicos desde el año 1920, inclusive, y también se ha efectuado un análisis más detenido de los últimos realizados en Oslo-Helsinki en el año 1952.

Los datos referentes a la población han sido tomados del Anuario de la U. N. correspondiente al año 1951, y ajustados al año 1952 en lo posible.

TABLA I. — *Los Juegos Olímpicos de invierno. Oslo* 1952.

Nº	País	A Temperatura media anual °C	B Puntos ganados	C Números índices
1	Noruega	3,8	125,5	1,00
2	Finlandia	3,1	72,0	2,25
3	Austria	9,6	60,0	4,57
4	Suiza	8,6	21,0	8,92
5	Suecia	5,1	25,5	10,83
6	Holanda	8,7	24,0	16,89
7	Canadá	4,6	18,5	29,22
8	Alemania	9,0	59,5	31,15
9	Estados Unidos	10,6	89,5	66.88
10	Italia	15,2	25,0	72,94
11	Hungría	9,7	4,0	96,54
12	Gran Bretaña	9,6	13,0	148,52
13	Francia	11,7	10,0	162,19
14	Bélgica	9,1	1,0	347,64
15	Japón	11,6	0,5	656,44

Las temperaturas medias han sido calculadas tomando el promedio de los valores térmicos de varias estaciones esparcidas sobre los territorios de los respectivos países. Tratándose de regiones montañosas, donde las ciudades se hallan ubicadas en las depresiones del terreno, el estado térmico en que viven los atletas no corresponde, tal vez, al promedio general estimado en base de los datos accesibles. Suiza y Noruega se destacaron en este sentido, y las temperaturas reales serían, para aquéllos, más bajas

que las consignadas en las tablas. En otros países hay distintos factores que influyen. Los equipos, por ejemplo, proceden en su mayoría de zonas con temperaturas más bajas o más altas que el valor medio empleado en este análisis.

TABLA II. — *Los Juegos Olímpicos de* 1952 (*Oslo-Helsinki*)

Nº	País	A Temperatura media anual °C	B Puntos ganados	C Números indices
1	Finlandia	3,1	234,5	1,00
2	Noruega	3,8	179,5	1,01
3	Suecia	5,1	292,5	1,31
4	Hungría	8,7	312,0	1,79
5	Suiza	8,6	113,5	2,39
6	Dinamarca	7,2	58,0	3,99
7	Austria	9,6	83,0	4,71
8	Australia	17,2	97,0	4,87
9	Nueva Zelandia	12,7	19,0	5,38
10	Checoslovaquia	8,3	113,5	6,89
11	Holanda	8,7	68,0	8,62
12	Unión Sudafricana	16,4	67,0	10,50
13	Alemania	9,0	230,5	11,63
14	Estados Unidos	10,6	703,5	12,29
15	Francia	11,7	166,25	14,11
16	Italia	15,2	183,75	14,28
17	Bélgica	9,1	35,0	14,36
18	Canadá	4,6	48,5	16,12
19	Argentina	13,5	59,0	16,56
20	U. R. S. S.	6,6	553,5	20,17
21	Gran Bretaña	9,6	130,0	21,31
22	Irán	21,4	40,0	22,33
23	Chile	17,4	14,0	23,93
24	Rumania	10,8	31,75	30,11
25	Turquía	19,2	36,75	33,43
26	Yugoslavia	13,7	22,0	43,14
27	Egipto	20,7	22,0	50,76
28	Polonia	7,4	26,5	54,78
29	Japón	11,6	71,5	65,38
30	Corea Sur	11,0	16,5	71,06

Las competencias invernales de los Juegos Olímpicos de 1952 fueron celebradas en Oslo, capital de Noruega, siendo nutrida la

participación. Los quince equipos que ganaron puntos figuran en la Tabla I, en la cual la columna *A* contiene la temperatura media anual de los países ganadores, la columna *B* los puntos obtenidos, y la *C* los números índices. Estos se calcularon por el método de dividir la población de las naciones participantes por los puntos que obtuvieron sus equipos, y dividir luego los resultados de aquella operación por la cantidad mínima que consiguió uno de los concurrentes.

TABLA III. — *Juegos Olímpicos Internacionales*

Promedios de los números índices correspondientes a los juegos en Amberes 1920, París 1924, Berlín 1936, Londres 1948 y Helsinki 1952.

Nº	País	Promedio de los números índices	Temp. media anual °C
1	Noruega	1,04	3,8
2	Finlandia	1,11	3,1
3	Suecia	1,37	5,1
4	Suiza	2,54	8,6
5	Hungría	3,86	9,7
6	Dinamarca	4,00	7,2
7	Austria	6,22	9,6
8	Holanda	7,06	8,7
9	Francia	13,09	11,7
10	Estados Unidos	13,17	10,6
11	Canadá	13,27	4,6
12	Argentina	14,27	13,5
13	Italia	15,10	15,2
14	Bélgica	17,18	9,1
15	Gran Bretaña	18,54	9,6
16	Australia	22,24	17,2
17	Unión Sudafricana	26,01	16,4
18	Checoslovaquia	29,93	8,3

Durante las lides en Oslo ganó el equipo del país 125,5 puntos y aplicando la fórmula citada, C = población : B, vemos que este país es el que tenía menos cabezas por punto y en consecuencia debía ser tomado como el factor base, es decir, como el número índice 1,00. Sigue en orden sucesivo Finlandia con el número 2,25 y luego tenemos Austria con 4,57, Suiza 8,92, Suecia 10,83, etc.

El mismo método fué empleado para estimar los números índices de la Tabla II, la que incluye juntos los Juegos de Oslo y Helsinki. En este caso cambió un poco el orden, colocándose Finlandia con 1,00, Noruega con 1,01, Suecia 1,31, Hungría 1,79, Suiza 2,39, Dinamarca 3,99 y Austria 4,71, etc.

El impacto de las condiciones térmicas generales visibles en la Tabla II, pero es más pronunciado en la Tabla III, donde encontramos los promedios de los números índices de los Juegos Olímpicos de los años 1920, 1924, 1936, 1948 y 1952, confrontados con los valores de la temperatura media anual en grados centígrados.

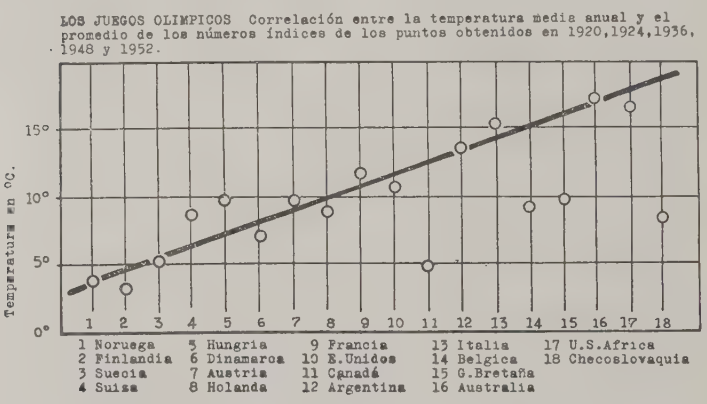


FIG. 1.

El diagrama Fig. 1 muestra el término medio de los números índices obtenidos en los cinco años citados precedentemente, y su correlación con la temperatura media anual de los 18 países que tomaron parte en todos aquellos años.

La abscisa en Fig. 1 representa la posición que las distintas naciones ocupan de acuerdo a los promedios de los números índices, y la ordenada corresponde a la temperatura media anual en centígrados de cada país.

La correlación es bastante alta, como se ve por la agrupación de los distintos pueblos en torno a la línea dibujada, y la situación general mejor que en los estudios anteriores. Sólo cuatro

países permanecen apartados de los demás y no ocupan las posiciones que debían tener según sus condiciones climáticas. Gran Bretaña, Bélgica y Checoslovaquia son países muy industrializados, lo cual, tal vez, ejerce algún efecto negativo sobre la energía física general de estas naciones. Canadá, por otra parte, es un país en formación.

Tabla IV. — *Juegos Olímpicos en Oslo-Helsinki* 1952.

Grupos de pueblos de afinidades raciales. Resultados generales

Nº	Grupos de pueblos	A Temp. media anual °C	B Puntos totales	C Puntos por °C
1	Nórdicos	4,8	764,5	159,27
2	Sajones	8,1	882,0	108,90
3	U. R. S. S.	6,6	553,5	83,86
4	Teutones	9,0	530,0	58,89
5	Europa Oriental	10,15	505,75	49,83
6	Latinos	14,28	366,5	25,67
7	Sajones australes	15,43	183,0	11,80
8	Latino América	20,29	130,0	6,40
9	Medio Oriente	21,64	113,25	5,23

Se ensayó, según se ve en las Tablas IV a XIII, y las Figs. 2 y 3, un nuevo método para estimar la influencia del clima en los hombres. Para este fin fueron reunidos grupos de pueblos con afinidades raciales o que viven bajo condiciones climáticas similares. La Tabla IV, contiene 9 grupos compuestos por 38 naciones. La temperatura media anual de los grupos se encuentra en la columna *A*, la totalidad de puntos ganados por los equipos de cada grupo figura en la columna *B* y los puntos que resultan por cada grado centígrado, al dividir los puntos por la temperatura de los grupos, aparecen en la tercera columna, *C*.

Vemos gráficamente los resultados de esta Tabla IV, en el diagrama Fig. 2, donde la ordenada corresponde a los puntos obtenidos sobre cada grado de la temperatura media anual, y la abscisa muestra la sucesión de los grupos según la escala de puntos que figura en la columna *C* de la tabla citada.

El grupo Nórdico figura en primer término con 159,27 puntos por cada grado; luego vienen los Sajones con 108,90 puntos; se-

LOS JUEGOS OLIMPICOS OSLO-HELSINKI 1952. Puntos obtenidos por cada grado centígrado de la temperatura media anual, por los grupos de pueblos con afinidades raciales.

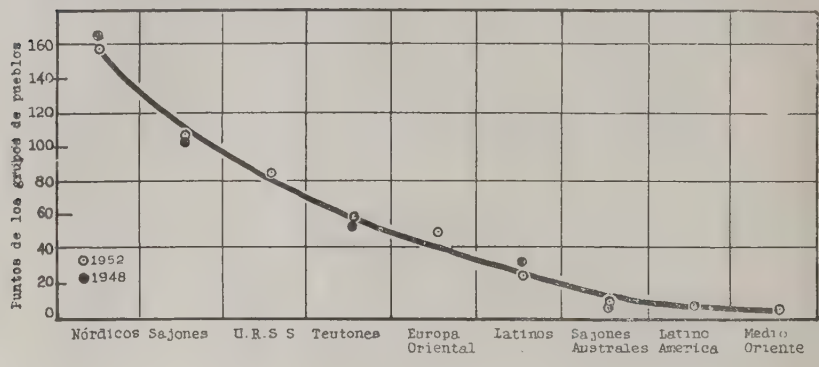


FIG. 2.

LOS JUEGOS OLIMPICOS OSLO-HELSINKI 1952. Temperatura media anual de los grupos de pueblos con afinidades raciales, puestos según orden de sucesión por los puntos obtenidos por cada grado centígrado.

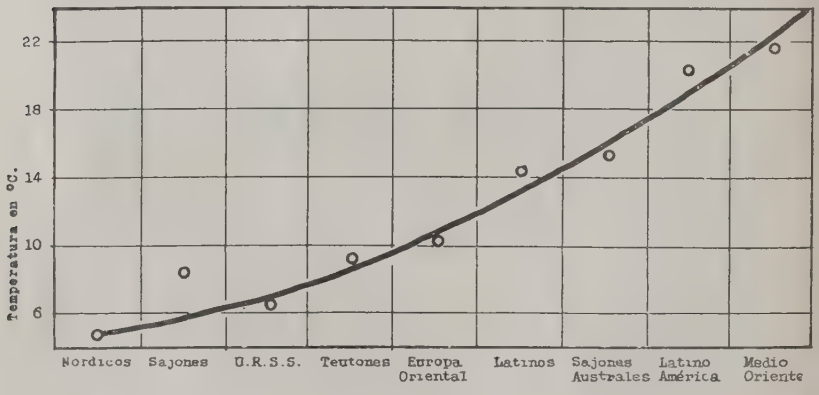


FIG. 3.

guidos por U.R.S.S., 83,86; los Teutones 58,89; Europa Oriental 49,83; Latinos 25,67; Sajones Australes 11,80; Latino América 6,40, y los países del Medio Oriente con 5,23 puntos. Se ha agre-

gado al diagrama los resultados obtenidos en Londres - St. Moritz, 1948, por cinco grupos. Los Nórdicos obtuvieron 165,0 puntos por cada grado; los Sajones 104,8; los Teutones 52,3; los Latinos 31,4 y los Sajones Australes 7,3. La participación era más reducida en 1948.

TABLA V. — *Nórdicos*

País	Temp. media anual °C	Población	Puntos
Dinamarca	7,2	4.150.000	58,0
Finlandia	3,1	4.200.000	234,5
Noruega	3,8	3.250.000	179,5
Suecia	5,1	7.150.000	292,5
	4,8°	21.750.000	764,5
159,27 puntos por grado temperatura.			

TABLA VI. — *Sajones*

País	Temp. media anual °C	Población	Puntos
Canadá	4,6	14.000.000	48,5
Estados Unidos	10,6	155.000.000	703,5
Gran Bretaña	9,6	50.000.000	130,0
	8,1°	219.000.000	882,0
108,9 puntos por grado temperatura.			

TABLA VII. — *U. R. S, S.*

País	Temp. media anual °C	Población	Puntos
U. R. S. S.	6,6	200.000.000	553,5
	6,6°	200.000.000	553,5
83,86 puntos por grado temperatura.			

El orden sucesivo, según los puntos obtenidos, se halla en la Fig. 3. En este diagrama representa la ordenada la temperatura y la abscisa la posición relativa de los grupos. Se ve que la curva es simétrica y que el lugar de cada grupo de pueblos de afinidades raciales corresponde a su estado térmico general o clima.

TABLA VIII. — *Teutones*

País	Temp. media anual °C	Población	Puntos
Alemania	9,0	48.000.000	230,5
Austria	9,6	7.000.000	83,0
Bélgica	9,1	9.000.000	35,0
Holanda	8,7	10.500.000	68,0
Suiza	8,6	4.850.000	113,5
	9,0°	79.350.000	530,0
58,89 puntos por grado temperatura.			

TABLA IX. — *Europa Oriental*

País	Temp. media anual °C	Población	Puntos
Bulgaria	11,0	7.200.000	100,5
Checoeslovaquia	8,3	14.000.000	113,5
Hungría	9,7	10.000.000	308,0
Polonia	7,4	26.000.000	26,5
Rumania	10,8	18.000.000	31,75
Yugoeslavia	13,7	17.000.000	22,0
	10,15°	92.200.000	505,75
49,83 puntos por grado temperatura.			

Los Nórdicos que moran en zonas térmicas de un promedio de 4°8 grados centígrados medio anual, comienzan la curva, y los pueblos del Medio Oriente con 21°64 grados, cierren la escala de los nueve grupos.

En las Tablas de V a XIII encontramos los datos particulares de los grupos, que son: la temperatura media anual en grados

centígrados, la población y los puntos alcanzados en los Juegos Olímpicos del año 1952.

TABLA X. — *Latinos*

País	Temp. media anual °C	Población	Puntos
España	15,4	28.500.000	5,0
Francia	11,7	42.000.000	166,25
Italia	15,2	47.000.000	183,75
Portugal	14,8	8.500.000	11,5
	14,28°	126.000.000	366,5

25,67 puntos por grado temperatura.

TABLA XI. — *Sajones australes*

País	Temp. media anual °C	Población	Puntos
Australia	17,2	8.450.000	97,0
Nueva Zelandia	12,7	1.830.000	19,0
Unión Sudafricana	16,4	12.600.000	67,0
	15,43°	22.880.000	183,0

11,8 puntos por grado temperatura.

TABLA XII. — *Latino América*

País	Temp. media anual °C	Población	Puntos
Argentina	13,5	17.500.000	59,0
Brasil	23,2	53.000.000	30,0
Chile	17,4	6.000.000	14,0
Cuba	25,1	5.500.000	3,0
México	20,3	26.000.000	12,0
Uruguay	16,4	2.500.000	8,0
Venezuela	26,1	5.100.000	4,0
	20,29°	115.600.000	130,0

6,4 puntos por grado temperatura.

Tabla XIII. — *Medio Oriente*

País	Temp. media anual °C	Población	Puntos
Egipto	20,7	20.000.000	22,0
Irán	21,4	16.000.000	40,0
Líbano	21,2	1.400.000	11,5
Pakistán	25,7	76.000.000	3,0
Turquía	19,2	22.000.000	36,75
	21,64°	135.400.000	113,25

5,23 puntos por grado temperatura.

La civilización con sus manifestaciones más elevadas puede florecer en climas relativamente severos. Los resultados de las correlaciones entre los valores térmicos y los puntos ganados por los grupos de pueblos, confirman las definiciones alcanzadas por los estudios efectuados en años precedentes con respecto a la influencia de las condiciones meteorológicas sobre el organismo humano. La temperatura óptima para el desarrollo ideal del « homo sapiens » es, tal vez, algo inferior a lo que ha sido aceptado anteriormente.

NECROLOGÍA

INGENIERO JOSE MARIA PAEZ

† 3 DE JULIO DE 1954

El fallecimiento del ingeniero José María Páez, ocurrido recientemente en la Capital Federal, ha significado una muy lamentable pérdida en los círculos profesionales en que actuara durante un

lapso de casi cuarenta años de ininterrumpida labor y ha tenido dolorosa repercusión en el seno de la Sociedad Científica Argentina, en cuya junta directiva ocupó su presidencia por un período administrativo, en el año 1947. Es que el extinto, que fué modelo de jefe de familia en el aspecto de la intimidad de sus sentimientos, que dió ejemplo de dignidad y corrección para sus hijos, herederos, por ello mismo, de altas virtudes, y que supo despertar, a lo largo de sus años, afecciones íntimas y cordiales para cuantos tuvieron la

dicha de frecuentar su trato y aquilatar sus merecimientos, pasó su vida consagrado con vocación y eficacia al desempeño de sus tareas oficiales. Vivió así rodeado siempre por una aureola de simpatía y de sincera estimación, dentro de una modestia que no conoció la vanidad, en una sencillez que fué ajena a toda ostentación y en medio de amistades verdaderas que apreciaban el valor moral y técnico del ingeniero Páez y que tanto participaron de sus desdichas y sus pesares cuando, a raíz del grave accidente automovilístico que sufriera en los últimos años, sobrellevó con entereza su parcial invalidez que disminuyó su movilidad física pero sin cercenar la claridad de su inteligencia, la sensibilidad de su espíritu y la nobleza de su corazón.

Mi vinculación con él se inició en las aulas de la Facultad, en la vieja casa de estudios de la calle Perú; allí, aunque cursábamos carreras distintas, aprecié sus cualidades de compañero estudiantil y cuando con el andar del tiempo unió los destinos de su vida a los de Celina Pasman, perteneciente a una familia cuya amistad cultivaba yo con afectos que se han mantenido invariables hasta hoy, desde los ya lejanos días de mi juventud, me permití muchas veces hacer el nobilísimo elogio de la gran señora de su hogar, que puso Dios a su lado para compartir con él alegrías y tristezas, los días felices y las horas amargas y ser en todo momento el mejor estímulo para su trabajo, sus empeños, y para la elevación de su obra espiritual y moral, encaminada al bien de la comunidad. Es por ello que esta nota biográfica, dispuesta y publicada por la Sociedad Científica Argentina en homenaje a quien fué uno de sus decididos cooperadores, con sintética referencia a la labor desarrollada por el malogrado ingeniero lleva un sello personal dictado por una relación que, como traída por vientos de épocas alejadas, a casi media centuria de distancia, rememora tantos hechos acaecidos y renueva y revive acontecimientos y cosas de ese prolongado correr en nuestro tránsito por el mundo.

Nacido en Buenos Aires el 22 de agosto de 1882, fueron sus padres don Gervasio J. Páez y doña Constanza Rusca. Siguió estudios secundarios en la Academia Británica, el viejo colegio de tradición que, fundado por el profesor Roberto Bird, educacionista que Sarmiento trajera al país, compartía con el Instituto Nacional, dirigido por los profesores Pizzurno, a fines del siglo pasado

y comienzos del actual, los prestigios de la mejor enseñanza secundaria de aquellos tiempos y donde figuraron como estudiantes muchos jóvenes que habrían luego de señalarse en la vida argentina por su acción y sus funciones; en efecto, fueron alumnos de la referida Academia, Alberto y Ernesto Hueyo, Jorge E. Coll, José Arce, Francisco Ramos Mejía, Guillermo J. White, Juan A. González Calderón, Jorge y Luis María Campos Urquiza, Julio Facio, Salvador Oría, César Campos, Arturo Goyeneche y muchos más de múltiples generaciones.

Al ingresar a la Universidad de Buenos Aires, en el año 1908 obtiene el título de ingeniero civil en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; su proyecto final: « Obras de abrigo para el puerto de Mar del Plata » parece marcar ya una orientación definitiva para la tendencia de sus estudios ulteriores, desarrollados en estrecha vinculación con obras hidráulicas y cursos fluviales.

Con su carrera universitaria recién terminada, se incorpora al Ministerio de Obras Públicas de la Nación y allí, en funciones diversas que no le separarían ya de ese vasto organismo hasta su retiro, por jubilación, de la Administración Nacional, realiza su obra técnico-profesional marcando jalones en que cada etapa señala un nuevo avance en su camino, un nuevo prestigio para su personalidad, un nuevo galardón para su labor de ingeniero especializado.

Iniciado entonces en las funciones oficiales, en el año 1908 recién mencionado, con el cargo de 2º jefe de la Comisión de Estudios de los ríos Desaguadero, Salado y Arroyo Curaró, es nombrado dos años después en el carácter de jefe de la Sección Técnica Civil del Arsenal de Puerto Militar; en 1911 desempéñase como ingeniero jefe de la Comisión de Estudio del Canal de Riego de Río Negro a San Antonio Oeste, pero su verdadero campo de acción está en los trabajos relacionados con el Riachuelo donde, sucesivamente y a contar del año 1913, actúa como jefe de Sección de la Dirección de la Obra de Canalización y Rectificación del Riachuelo y como Director de Estudios y Obras del Riachuelo.

En el cúmulo de trabajos por él llevados a cabo, ninguno le interesó y preocupó como el de la construcción del puente « Presidente Teniente General José Félix Uriburu », tendido sobre el

Riachuelo en la prolongación de la Avenida Sáenz y cuyos estudios realizara y dirigiera personalmente desde los comienzos de preparación del proyecto pertinente hasta la habilitación de la obra terminada. La entrega de dicho puente al servicio público, efectuada el 26 de noviembre de 1938, con asistencia del Presidente de la Nación, Dr. Ortiz, el vicepresidente, Dr. Castillo, el gobernador de la provincia de Buenos Aires, Dr. Manuel A. Fresco, ministros nacionales, los intendentes municipales de la Capital Federal y de Avellaneda, ministros provinciales, el cardenal Monseñor Copello, funcionarios, invitados especiales y numeroso público, constituyó una brillante fiesta para el barrio de Valentín Alsina y del partido de Avellaneda, que vieron cristalizada, en realización magnífica de estilo colonial, una vieja aspiración popular, un viejo anhelo de aquella zona densamente poblada ya y que hasta poco tiempo antes debía utilizar los servicios de un puente de madera, de tránsito peligroso e inseguro, destruído por la acción de los años y de un tráfico incesante. En el discurso de circunstancias, pronunciado por el ingeniero Páez en nombre del Poder Ejecutivo, pudo decir, con referencia a dificultades materiales para desarrollar la obra, que: « El suelo y el subsuelo de ambas márgenes del Riachuelo en este lugar es tan malo, que no es capaz siquiera de resistir el peso de terraplenes y calzadas. Hubo, pues, que adoptar dos criterios completamente diferentes para fundar la obra: uno, para asentar los estribos y pilares que sostendrían la parte metálica, y que exigía alcanzar profundas capas resistentes; otro, que hiciera factible la solución económica, no podía pretender llegar a igual rigidez. No era tampoco un momento que admitiera indecisiones; era necesario afrontar el problema de inmediato. Se resolvió entonces, con algún atrevimiento, disponer el conjunto de la obra que forman las rampas, recintos y escaleras, en forma tal que su flexibilidad permitiera seguir los lentos y paulatinos hundimientos que fatalmente se producirían en la espesa capa barrosa del subsuelo pero que, en el fuerte asentamiento, conservara su verticalidad dentro de todas las garantías de resistencia que era necesario proveer para su seguridad ». Y en otro momento de su discurso, agregó estas expresiones de particular interés. « La obra propiamente dicha fué presupuesta en 2.300.000 pesos $^{m}/_{n}$ y 375.000 pesos oro sellado, más 400.000 pesos para expropiaciones y 70.000

pesos para el mantenimiento del tránsito del puente viejo. A pesar de la intensa crisis atravesada, su costo sólo aumentó en 5.000 pesos oro sellado y en 130.000 pesos $^{m}/_{n}$, y todos recordaréis —dijo— que en nuestro país como en los demás, han sufrido las monedas fiduciarias depresiones en valores pocas veces alcanzados en la historia de las grandes crisis mundiales». Un mes después de aquella fecha, el 22 de diciembre de 1938, el ingeniero Páez logró una recompensa y una satisfacción inolvidables: en banquete presidido por el gobernador Dr. Fresco, los representantes de 35 sociedades de Avellaneda y poblaciones aledañas, en amplio salón colmado en su capacidad, le ofrecieron una demostración popular de homenaje y reconocimiento para quien había llevado a feliz término tan importante obra pública y de gran utilidad para la zona.

Al promediar el año 1939, el Gobierno Alemán invita oficialmente al ingeniero Páez a efectuar un viaje a dicho país a fin de visitar Alemania, recorrer diversos centros industriales e inspeccionar obras públicas modernas e importantes. Cursada la invitación respectiva por la Embajada, con intervención de nuestro Ministerio de Relaciones Exteriores, el Gobierno Argentino autorizó la aceptación de dicha invitación y en el decreto pertinente se designó en el carácter de secretario honorario a don José María Páez, hijo, para que colaborase en la misión encomendada y que significaba una alta distinción para el país y para el funcionario que había de representarlo. El 8 de agosto de dicho año parte con destino a Alemania, donde desembarcara quince días después y tras una estada de poco más de dos semanas, inicia el regreso aceleradamente el 10 de septiembre: la guerra europea, entonces declarada, interrumpe así una excursión que prometía muchos beneficios a través de las observaciones del técnico argentino.

Ejerció también la docencia universitaria; la cátedra de Topografía en la Facultad de Ciencias Matemáticas Puras y Aplicadas de la Universidad Nacional de La Plata le contó como profesor titular de la materia.

Dentro de la Sociedad Científica Argentina, a la que pertenecía como viejo asociado, desempeñó los cargos de bibliotecario (1944-1945) y de vicepresidente 1º en 1946; fué elegido luego presidente para el período 1947-1948. En estas últimas funciones

tocóle presidir los actos celebratorios del 75º aniversario de la fundación, cumplido el 28 de julio de 1947, de acuerdo con un programa que él mismo había preparado, en unión de tres o cuatro integrantes de una comisión especialmente designada a ese fin y cuya tarea reclamó de él muy especial dedicación. En efecto, la conmemoración de las bodas de brillante de la Sociedad se inició con un acto académico en el salón Florentino Ameghino y comprendió una Semana de Conferencias, con disertaciones del ingeniero Emilio Rebuelto y los doctores Luis A. Podestá Costa, Francisco Rosenbusch y Bernardo Dawson, la exhibición de una serie de películas documentales, de carácter técnico y relacionadas con cuestiones de cristalografía, hidráulica, aprovechamiento de combustibles, etc., clausurándose la rememoración con un concierto celebrado el 2 de agosto; además, fué descubierto un busto, en mármol, del ingeniero don Luis A. Huergo, primer presidente de la Sociedad, donado por su hija, la señora Ana Huergo de Carlé. En el discurso que pronunciara en la ceremonia inicial dijo: « La Sociedad Científica Argentina siempre marchó con pie firme; jamás salió de su línea, y orgullosa de un deber cumplido, desprendió de su tronco ramas vigorosas, que con ella y otras plantas que nacieron a su alrededor y crecieron lozanas, formaron el gran conjunto cultural y científico que distingue a la Argentina entre los centros más importantes de Latinoamérica », y agregó en otro pasaje: « La Sociedad Científica Argentina llega a sus bodas de brillante, tallando en la preciosa piedra infinitas facetas: límpidas, puras, con reflejos de aurora, entre aristas vivísimas, jamás melladas por declinación alguna ».

José María Páez vivió una existencia moderada por su fe cristiana y atemperada por los propios impulsos de su corazón generoso; la dulzura de que gozó en su hogar sirvió para que las tareas y preocupaciones en el afanoso quehacer de cada día hallasen el condigno reposo y recompensa al término de su diaria labor; trabajó empeñosamente y con éxito reconocido, sembró el bien en toda la amplitud que le fué posible y, tolerante y persuasivo, creó amistades sinceras. Hombre de ideales y de ensueños, albergó inquietudes espirituales y fruto de ese dar de su alma es la contribución que ofreció a la Sociedad Científica Argentina, la que por

intermedio de estas páginas tributa un fervoroso recuerdo para quien, por la proyección de su obra y las cualidades personales que le adornaban, sabía, como dijo el poeta, que

La vida sin sueños, es vida sin gloria,
Es vida infecunda, de triste memoria...

ABEL SÁNCHEZ DÍAZ.

VICEALMIRANTE SEGUNDO R. STORNI

† 4 DE DICIEMBRE DE 1954

La prensa del día 6 de diciembre difundió en la ciudad de Buenos Aires, con dolorosa sorpresa, la noticia del fallecimiento del vicealmirante (R) don Segundo R. Storni, acaecido en su quinta «Maclura», en San Antonio de Padua (F. N. D. F. Sarmiento), donde pasaba días tranquilos en la madurez de su vida, casi octogenario ya, entregado a la lectura, que mucho le deleitaba, y a labores de su granja; tal era el premio que se daba, con íntimo goce espiritual, después que en el año 1935 pedía su retiro del servicio en la Marina de Guerra, a la que se incorporó como guardiamarina en 1897, llenando en ella una página de muy notorios merecimientos.

El almirante Storni, que en varias ocasiones se desempeñó en la Junta Directiva de la Sociedad Científica Argentina, pertenecía a ésta como socio activo desde el año 1909; formaba parte del reducido número de sus socios vitalicios e integraba, además, su Consejo Científico, el tribunal de la institución que está llamado a dictaminar en cuestiones de especial significación. Tuvo, asimismo, una actuación muy señalada en la organización del Congreso Científico que la Sociedad convocó con motivo del centenario nacional de 1910, participando activamente en sus deliberaciones.

No es del caso señalar con detalle en esta nota necrológica que registra la Sociedad Científica Argentina en homenaje a la memoria del socio ilustre recién desaparecido, la labor desarrolla por el almirante Storni a lo largo de su carrera de marino; empero, basta con poner de manifiesto que como comandante de buques; en

relevamientos hidrográficos; en numerosos viajes por la costa sud; miembro de la comisión de límites con Chile; profesor de Artillería y Balística en la Escuela Naval; director de esta Escuela; Secretario de Marina; en el Instituto Geográfico y en el Instituto Argentino de Derecho Internacional; en el carácter de delegado y asesor técnico en varias conferencias panamericanas, etc., supo mostrar siempre las dotes de su espíritu cultivado y de su esmerada preparación profesional y científica.

El acto del sepelio, efectuado en el Panteón Naval del cementerio de la Chacarita, presidido por el Ministro de Marina y autoridades navales, constituyó una gran exteriorización de pesar, con asistencia de mucho público y la rendición de los honores debidos a la alta jerarquía del extinto. En nombre de la Marina de Guerra hizo uso de la palabra el vicealmirante Juan B. Basso, quien después de mencionar con detenimiento la labor llevada a cabo en la armada por el almirante Storni, dijo: « En todos partes dejó la huella de su aguda inteligencia, de su capacidad de trabajo y de su eficiencia profesional. Su mente selecta sabía aislar lo trascendental de lo superfluo y abarcaba el panorama general de la situación. Como superior trasmitía siempre a sus subordinados su experiencia y su consejo y dotado de las mejores condiciones de conductor atraía con el poder magnético de su recia personalidad y el brillo deslumbrante de su prestigio », agregando más adelante: « Su libro *Intereses Argentinos en el Mar,* que contiene las conferencias pronunciadas por su autor en la prestigiada tribuna del Instituo Popular de Conferencias, es un inestimable esfuerzo por abrir los ojos de los argentinos de aquella época a los intereses marítimos. Nunca con tanta claridad y nunca con argumentos más convincentes se habla al país de su conexión a las cosas del mar. « Todo argentino que piensa, que comercia o que sufre, vuelve, señores, su vista a ese problema de la vía marítima », dice refiriéndose al tema, en esta obra que vió la luz en el año del centenario de nuestra independencia. La edición se agotó prontamente y por disposición expresa de S. E. el señor Ministro de Marina, fué editada nuevamente en 1952, por ser necesario, 36 años después, como libro de consulta de nuestros institutos navales ».

Hablaron, a continuación, el contraalmirante Miguel A. Pedrozo, en nombre del Centro Naval; el contraalmirante (R) Pedro Gully,

por los compañeros de promoción y despidió los restos, por la Sociedad Científica Argentina, su presidente Dr. Abel Sánchez Díaz, con una sentida improvisación, diciendo en uno de sus párrafos, reconstruído después: « En nuestra Sociedad conocí hace ya no pocos años al almirante Storni, que frecuentemente visitaba nuestra sede. Recogido en su granja « Maclura », donde pasaba los últimos años de su vida en buscada y conservada soledad, entregado a la lectura, a la sombra de árboles añosos o ejerciendo con entusiasmo algunas labores de la tierra; desde ese alejado rincón, en que para completar su aislamiento hasta había eliminado el servicio telefónico para no tener que atender ningún requerimiento, en los últimos tiempos, con regularidad rítmica, venía los días lunes a Buenos Aires y pasaba por nuestra Sociedad para recoger una información, consultar alguna obra o buscar en las revistas nuevos trabajos o descubrimientos. Seguía luego su recorrido por la ciudad para terminar su gira, casi invariablemente, en el Centro Naval, y al verlo pasar, erguido como un mástil y llevando en su mano la vieja y característica cartera, después de cruzarle instintivamente nos volvíamos para ver sus pasos y mentalmente decíamos: ahí va uno de los grandes valores de la marina de guerra; ahí va un pedazo de la historia de nuestra patria; ahí va un gran señor que actuó en la vieja sociabilidad porteña mostrando siempre la claridad de su inteligencia, la sensibilidad de su espíritu, la bondad de su temperamento ».

DOCTOR EGIDIO FERUGLIO

† 14 DE JULIO DE 1954

Con gran pesar nos hemos enterado del fallecimiento del doctor Egidio Feruglio ocurrido en Feletto Umberto, Udine, Italia.

Este distinguido geólogo italiano había venido a Buenos Aires en marzo de 1925 para actuar en la Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, lo que hizo —salvo una breve interrupción— hasta 1941. En la empresa fiscal realizó una serie de importantes trabajos, destacándose entre otros su Descripción Geológica de la Patagonia, que publicó en tres gruesos volúmenes la referida Dirección General.

Vuelto a Italia en 1948, trabajó sobre temas atingentes a sus exploraciones en nuestro país, que hizo conocer en folletos, muchos de los cuales se encuentran en nuestra biblioteca, por donación del autor.

Lo recordamos nítidamente cuando a poco de su llegada al país, en una excursión a Luján, en la que fuimos conducidos por otro distinguido geólogo italiano, el Dr. Guido Bonarelli, éste se extendió sobre la obra de Ameghino y la precariedad del medio en que realizó sus primeros trabajos, en una disertación magistral que resultó el mejor homenaje que ambos geólogos italianos podían tributar al sabio.

El Dr. Feruglio había nacido el 1º de setiembre de 1897 en Udine, Italia, y luego de graduarse en Ciencias Naturales ocupó el cargo de geólogo en la Estación Real Químico - Agraria Experimental de Udine, y después el de ayudante de la Cátedra de Geología de la Universidad de Cagliari, pasando posteriormente a nuestro país, a la Dirección de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, como ya se ha dicho. A mediados de 1941 se incorpora al Instituto del Petróleo de la Universidad de Cuyo, donde dicta cátedra hasta mediados de 1948, fecha en que regresa definitivamente a Italia, al ser designado Director del Instituto Geológico de la Universidad de Turín.

Su deceso acaeció cuando ocupaba el cargo de Director del Instituto Geológico y Paleontológico de la Universidad de Roma, que desempeñaba desde 1953. De entonces datan los últimos envíos que recibimos de sus trabajos de Espeleología y Geología.

E. L.

INDICE GENERAL

MATERIAS CONTENIDAS EN EL TOMO CIENTO QUINCUAGESIMO SÉPTIMO

CARLOS ALVES DA SILVA. — Texturas cone-in-cone en Calingasta 3

ARMANDO L. DE FINA y ANTONIO J. GARBOSKY. — Difusión geográfica de frutales en el Chaco argentino 18

ANTONIO MARTÍNEZ. — Notas coleoptorológicas VI 19

JOSÉ LUIS MINOPRIO. — *Theriodonte* en el Triásico de Mendoza 31

AUGUSTO P. CERCÓS. — Fungocina. Antibiótico sintetizado por *Bacillus subtilis* 38

NICOLÁS A. KORMILEV. — Una familia nueva para la fauna argentina (*Hemiptera, Megaridae*) 47

HÉCTOR A. ZUNINO. — Porcentaje de crecimiento libre en el cultivo del algodonero 55

BIBLIOGRAFÍA 62

NOTICIARIO 23 65

MATERIAS CONTENIDAS EN EL TOMO CIENTO QUINCUAGESIMO OCTAVO

Florentino Ameghino — 18/9/1854 - 7/8/1911 — Centenario de su nacimiento 3

MÁXIMO VALENTINUZZI. — Florentino Ameghino como biólogo matemático 4

PEDRO LONGHINI. — Análisis dimensional 35

GUILLERMO HOXMARK. — Influencia climática en los juegos olímpicos .. 44

NECROLOGÍA 55

CALIDAD · SERVICIO · COOPERACION

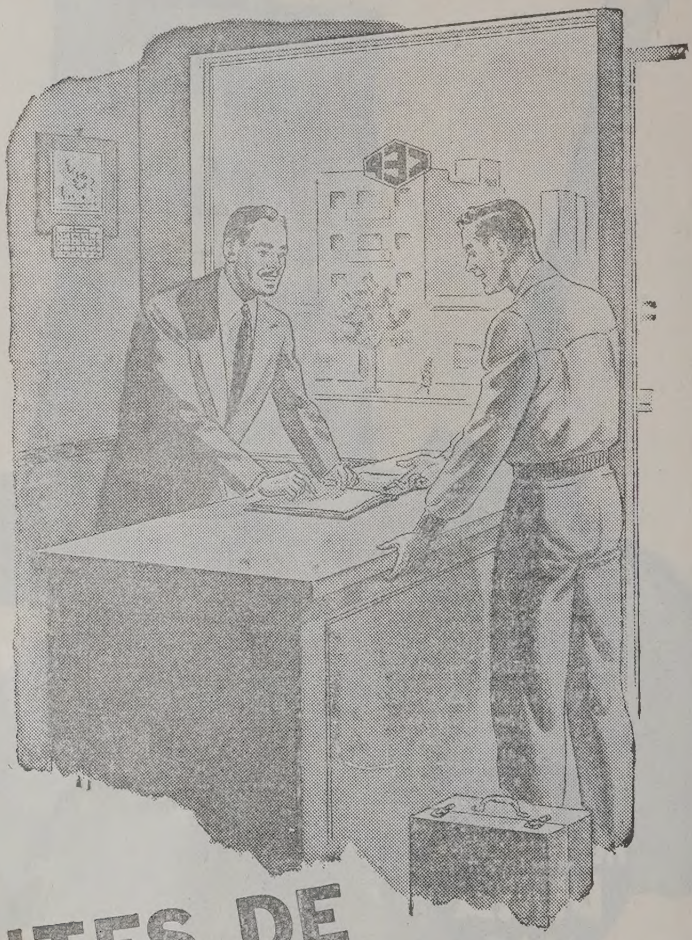
CEMENTO SAN MARTIN — HORMIGON INCOR

COMPAÑIA ARGENTINA DE CEMENTO PORTLAND

RECONQUISTA 46 (R 3) BUENOS AIRES ● SARMIENTO 991 ROSARIO

C E - 142

CONSÚLTENOS



ANTES DE PROYECTAR

UNA NUEVA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Infórmese previamente acerca de cuáles son las posibilidades para el suministro de corriente en el lugar en que Vd. la necesite.